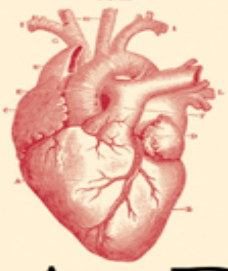
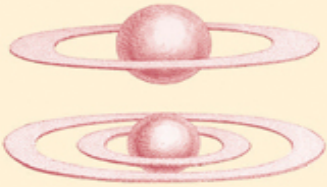
CASPAR HENDERSON

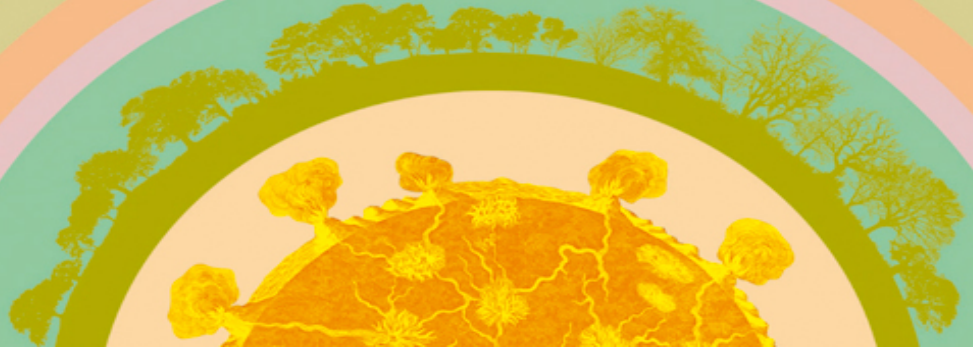
NOWA MAPA CUDÓW





PODRÓŻ W POSZUKIWANIU RZECZY NIEPOJĘTYCH

MARGINESY



CASPAR HENDERSON

NOWA MAPA CUDÓW

PODRÓŻ W POSZUKIWANIU RZECZY NIEPOJĘTYCH

PRZEŁOŻYLI
Zofia Szachnowska-Olesiejuk
i Adam Olesiejuk

MARGINESY

Spis treści

Karta redakcyjna

Motto

Wstęp
1. Tęcza i gwiazda. Światło
2. Formowanie się świetlistych ciał z blasku wszechświata. Życie
3. Trzy miliardy uderzeń. Serce
4. Hiperobiekt w naszej głowie. Mózg
5. Krawędź horyzontu. Jaźń
6. O mapach i snach. Świat
7. Przyszłe cuda. Przygody z wyobraźnioskopem
Posłowie. Tropiciel cudów i jego cień

Podziękowania
Bibliografia
Źródła ilustracji
Przypisy

Tytuł oryginału
THE NEW MAP OF WONDERS

Przekład ZOFIA SZACHNOWSKA-OLESIEJUK I ADAM OLESIEJUK
Wydawca i redaktor prowadzący ADAM PLUSZKA
Redakcja MICHAŁ OLECH
Korekta MAŁGORZATA KUŚNIERZ, JAN JAROSZUK
Projekt okładki ANNA POL
Projekt graficzny i typograficzny wnętrza książki M RULES
Adaptacja projektu wnętrza, opracowanie ilustracji, łamanie manufaktura | manufaktu-ar.com

Originally published in English by Granta Publications under the title
The New Map Of Wonders.
Copyright © Caspar Henderson, 2017
Copyright © for the translation by Zofia Szachnowska-Olesiejuk i Adam Olesiejuk
Copyright © for the Polish edition by Wydawnictwo Marginesy, Warszawa 2019

Warszawa 2019
Wydanie pierwsze

ISBN 978-83-66335-40-0

Wydawnictwo Marginesy Sp. z o.o.
ul. Mierosławskiego 11a
01-527 Warszawa
tel. 48 22 663 02 75
e-mail: redakcja@marginesy.com.pl

Konwersja: eLitera s.c.

**Człowiekowi mądremu cała ziemia jest dostępną,
gdyż ojczyzną szlachetnej duszy jest cały świat.**

Demokryt

We własnym wnętrzu nosimy cuda,
których szukamy poza nami.

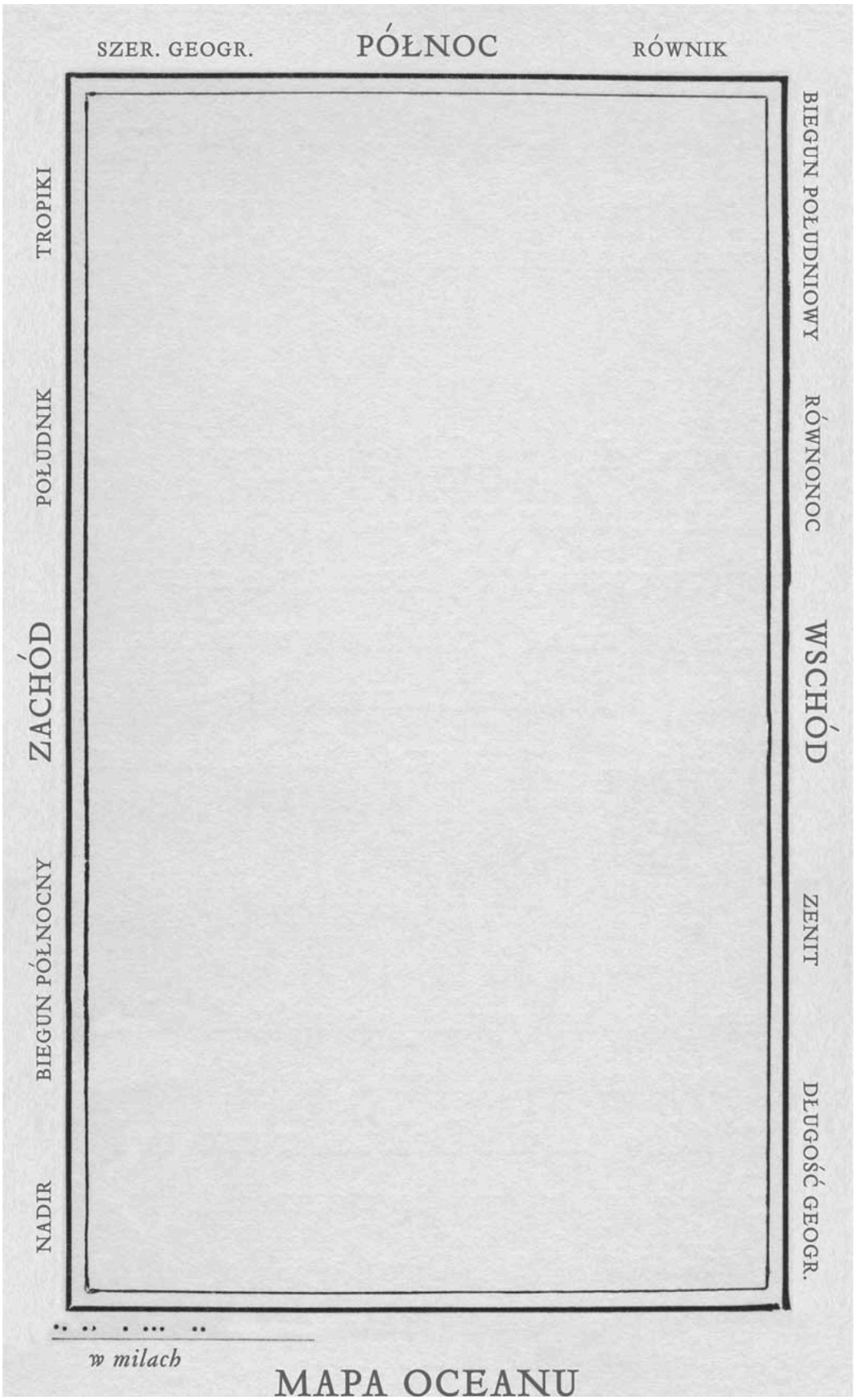
Thomas Browne

Wciąż lęku nie czułem, w radości mej z cudu
wypatrywania płynącej nie było dlań miejsca.

John Clare

Nikt nie wie, dlaczego [natura] jest taka, jaka jest.

Richard Feynman


SZER. GEOGR.
PÓŁNOC
RÓWNIK
TROPIKI
POŁUDNIK
BIEGUN PÓŁNOCNY
NADIR
ZACHÓD
BIEGUN POŁUDNIOWY
RÓWNONOC
WSCHÓD
ZENIT
DŁUGOŚĆ GEOGR.
w milach

MAPA OCEANU

Kupił mapę ogromną, a na mapie widniało
Tylko morze bez wysp, lądu takoż.
Każdy stwierdził z rozkoszą, że rozumie ją całą,
Choć nie znawca jest ani smakosz.

Lewis Carroll, *Wyprawa na żmirłacza*

Wstęp

Świętować chciałbym. Tylko co?

Friedrich Hölderlin

Skąd się bierze w nas ta radość skrzydlata?

Elizabeth Bishop

Kiedy któregoś ranka wczesną wiosną zszedłem do kuchni z moją małą córeczką, zobaczyłem na suficie błyszczącą plamę światła. W pierwszej chwili nie bardzo wiedziałem, skąd się tam wziął ten migotliwy, rozedrgany kształt, który co jakiś czas ciemniał pod wpływem padających na niego cieni. Przyglądając się temu dziwnemu zjawisku, powoli zacząłem je analizować. Słońce, przez wiele długich dni skryte dotychczas za chmurami, przebiło się przez ciężką

zasłonę i wzniosło przy tym na tyle wysoko, by oświetlić okna ustawionego doń frontem budynku. Odbite w szybach światło, przesączone przez rozkołysane gałęzie drzewa, padło na kolejną powierzchnię, która, dzięki ustawieniu pod takim, a nie innym kątem, posłała poprzecinane cieniami konarów promienie wprost na taflę szkła naszego kuchennego okna, a stamtąd na sufit.

Czasami splot niezwykłych lub ekstremalnych okoliczności potrzebny jest, by z tego, co zwyczajne, wydobyć rys cudowności. W przypadku poety Ko Una plama światła rozmiaru znaczka pocztowego na jednej ze ścian jego celi w koreańskim więzieniu wojskowym, w którym go przetrzymywano, wystarczyła, by rozniecić w nim na nowo nadzieję i zachwyt nad światem, mimo iż drżał o swoje życie. W mojej sytuacji nie było nic ekstremalnego. Ja nie bałem się o swoje życie. Nie znajdowałem się też w żadnych zapierających dech w piersi czy egzotycznych okolicznościach przyrody. To był normalny wtorek. Może czwartek. A może jeszcze jakiś inny dzień. Już nie pamiętam. W każdym razie ani czas, ani miejsce, ani – jak się mogło na pierwszy rzut oka wydawać – samo zjawisko nie miały w sobie nic nadzwyczajnego. W końcu kto z nas, przyglądając się upstrzonej migoczącymi cętkami ścianie, nie zastanawiał się nad źródłem owego fenomenu? Kto, zwłaszcza w naszym klimacie, nie czuł radości na widok słońca, które pojawia się na niebie po wielu pochmurnych dniach?

A mimo to poczucie zachwytu nad światem – wrażenie pełni świadomości – było czymś absolutnie wyjątkowym. Ponieważ trochę interesuję się takimi rzeczami, wiedziałem, że za powstanie smugi światła i grę światłocieni, tak delikatną, a jednocześnie tak dynamiczną, odpowiadały biliony fotonów (cząsteczek światła) płynących z niezwykłej termonuklearnej eksplozji, do której doszło miliony kilometrów stąd. Co więcej, zdawałem sobie sprawę również z tego, że wspomniane fotony stanowiły jedynie maleńki odsetek pośród bezmiaru cząsteczek w każdej sekundzie spływających bezgłośnie na

naszą planetę z prędkością przekraczającą granice ludzkiej wyobraźni. Można zatem powiedzieć, że cytując poetę Ko Una, wpatrywałem się w „niewidzialny ruch wszechrzeczy".

Dzięki obecności mojej córki ten moment stał się dla mnie wyjątkowo radosnym doświadczeniem. Miała wtedy pięć lat i plama światła na suficie zapewne nie zrobiła na niej większego wrażenia niż całe mnóstwo innych zjawisk i rzeczy, z jakimi przeciętny pięciolatek styka się każdego dnia, od listonosza począwszy, na paluszkach rybnych skończywszy. Ale tamtego ranka zauważyła, że jej tata się śmieje, i doszedłszy do wniosku, że najwyraźniej stało się coś zabawnego, również postanowiła się roześmiać. Miłość unosiła się w powietrzu i czułem się z tym cudownie, ale to nie koniec tej historii.

Chwila zadumy nad zdumieniem

Przeżycie w kuchni skłoniło mnie do rozważań nad istotą zdumienia światem: nad tym, co je w nas wywołuje i w jaki sposób je przeżywamy, jak bardzo ulotnym potrafi być zjawiskiem i z jaką łatwością można je ostudzić i uśmiercić, lecz także jak może pomóc nam nadawać sens otaczającej rzeczywistości oraz stać się jednym z podstawowych komponentów dobrze przeżytego życia. Wynikiem tych refleksji jest *Nowa mapa cudów*.

W tej książce odwołuję się do filozofii, historii, sztuki, religii, nauki oraz technologii w poszukiwaniu pełniejszego zrozumienia zarówno cudów wprawiających nas w zachwyt i zdumienie, jak i samej natury owego stanu umysłu. Nie dysponuję w tej dziedzinie jakąś wyjątkową wiedzą fachową, a moje kwalifikacje sprowadzają się do uporu i ciekawości. Jednakże zgadzam się z Samuelem Johnsonem, że „jeśli wpierw każdą przeszkodę umyślimy sobie pokonać, wówczas żadna próba nie zostanie przez nas podjęta". I choć pisząc, **pominąłem**[1] wiele rzeczy (a ściśle powiedziawszy, prawie wszystko), starałem się, by mój

tekst pozostał zakotwiczony w rzeczywistości – analizowane w książce cuda, w mniejszym lub większym stopniu, objawiają się w pozornie zwyczajnych, prozaicznych momentach naszego życia, takich jak choćby opisana przeze mnie sytuacja kuchenna. Wszystkie je łączy zjawisko emergencji.

O tym ostatnim będę jeszcze pisał w niniejszym wstępie, lecz zanim to nastąpi, chciałbym skupić się przez moment na znaczeniu samego słowa *wonder*, na jego etymologii, a także roli w nie lada przedsięwzięciu, którym jest próba zrozumienia świata i bycia w świecie.

W tomie *The Oxford Companion to Consciousness* nie znajdziemy hasła ***wonder***[2], dowiemy się za to tego i owego na temat wina, co powinno dać nam do myślenia. Zwykły słownik również okazuje się niewiele bardziej pomocny. Według typowej definicji cud to coś, co wywołuje zdziwienie albo głęboki podziw, natomiast zdumienie jest stanem, w którym znajduje się osoba kontemplująca ów cud. Angielskie słowo *astonishment* (zdumienie, zdziwienie) pochodzi od łacińskiego określenia oznaczającego „rażony piorunem", natomiast *admiration* (podziw, zachwyt) oraz *marvel* (cud, rzecz niepojęta) wywodzą się od terminów, których zakres semantyczny sprowadza się do czasownika „patrzeć". (Słowo *miracle* [cud], pochodzące od łacińskiego *mirari* – „zastanawiać się, być zdumionym i zachwyconym" – być może ma swój początek w języku praindoeuropejskim, a konkretnie w słowie oznaczającym „uśmiechać się" lub „śmiać się"). Samo *wonder* wywodzi się od staroangielskiego *wundor*, jednak etymologia tego słowa (podobnie jak jego germańskiego pierwowzoru *Wundran*) pozostaje niejasna. Henry David Thoreau dopatrywał się związku ze słowem *wander* (błąkać się, wędrować), natomiast inni wskazywali raczej na *wound* (rana, zranić), niemniej tego typu **teorie**[3] mają charakter czysto spekulatywny.

Fragment definicji poniżej zawiera nieco szersze wyjaśnienie. Wspominając doświadczenie obserwacji jesionu w promieniach

zachodzącego słońca, filozof Martyn Evans opisuje zdumienie jako

> stan niezwykle intensywnego, nieodpartego wręcz skupienia uwagi na czymś, co natychmiast uznajemy za istotne – coś, czego pojawienie się angażuje naszą wyobraźnię, zanim nastąpi etap zrozumienia, a co jednakże z czasem najprawdopodobniej będziemy chcieli **pełniej**[4] pojąć.

Moim zdaniem uchwycił ważny aspekt procesu, który często zachodzi w naszych głowach, gdy przepełniają nas zachwyt i zdumienie. A przynajmniej w mojej głowie. Jak ujmuje to Evans, rozpoznajemy albo intuicyjnie przeczuwamy coś fundamentalnego i pięknego zarazem (być może jakąś ukrytą strukturę lub ład), przez co stajemy się dużo bardziej wyczuleni na otaczającą nas rzeczywistość.

Gdzie dokładnie zaczyna się zdumienie światem? Czy człowiek doświadcza go od zarania dziejów ludzkości? A może wszystko zaczęło się jeszcze wcześniej? Kilka lat temu w Parku Narodowym Gombe Stream w Tanzanii tuż przed zapadnięciem zmierzchu zaobserwowano, jak dwa szympansy – każdy oddzielnie – wspięły się na szczyt skały. Na samej górze przywitały się ze sobą, wzięły za ręce, siadły obok siebie i wspólnie obejrzały zachód słońca, długo wpatrując się w znikające za horyzontem promienie. Jak powinniśmy zinterpretować takie doniesienia? Prymatolożka Jane Goodall raczej nie ma w tym względzie wątpliwości. W pobliżu jednej skały widziała szympansy, które przez jakiś czas wpatrywały się w wodospad, po czym zaczęły wykonywać dziwaczny, ekspresyjny taniec.

> Nie mogę oprzeć się wrażeniu, że u źródeł [takiego zachowania] leży ten sam podziw i to samo zdumienie, które odczuwa człowiek. Mózg szympansów jest bardzo podobny do naszego. Ich emocje są zbliżone do naszych, a czasem nawet identyczne… To samo dotyczy niewiarygodnych wręcz zdolności intelektualnych, które do tej pory uznawaliśmy za wyłącznie ludzki atrybut. Dlaczego więc nie miałyby mieć również… swego rodzaju życia duchowego, rozumianego jako odczuwanie głębokiego zachwytu wszystkim tym, co istnieje poza nami… Moim zdaniem szympansy są równie uduchowionymi istotami co ludzie, tyle tylko, że

> nie posiadają aparatu analitycznego, nie potrafią o tym mówić… Wszystko tkwi zamknięte w ich wnętrzu i jedynym środkiem wyrazu, którym dysponują, jest ten ich niesamowity rytmiczny taniec…

Jeśli Goodall i **inni badacze**[5] mają rację, można pokusić się o stwierdzenie, że przodek człowieka i szympansa, który żył na Ziemi ponad pięć milionów lat temu, również odczuwał zdumienie.

W okresie od stu do pięćdziesięciu tysięcy lat temu współczesny anatomicznie człowiek zaczął wytwarzać skomplikowane narzędzia oraz przemierzać długie dystanse w celu wymiany handlowej. By móc to robić, potrzebował języka. Możemy zatem zakładać, że skoro ówcześni ludzie komunikowali się słowami, potrafili również opowiadać historie. Najpóźniej czterdzieści tysięcy lat temu pojawiły się rzeźby oraz przedstawiające zwierzęta czy inne istoty malowidła naskalne, które uznajemy dziś za wielkie dzieła sztuki. Nikt oczywiście nie kwestionuje zdolności ówczesnych twórców, ale patrząc na pozostawione przez nich dziedzictwo, co właściwie możemy powiedzieć o ich emocjach czy wierzeniach? Weźmy na przykład liczącą ponad trzydzieści tysięcy lat figurkę ptaka wodnego, prawdopodobnie kormorana, znalezioną w grocie na południu Niemiec. Rzeźbie wielkości kciuka autor nadał idealnie opływowy kształt, dzięki czemu sprawia ona wrażenie ptaka w chwili pikowania. Zdaniem Jill Cook, piastującej stanowisko starszego kustosza British Museum, być może mamy do czynienia z „duchowym symbolem łączącym światy z najwyższego, środkowego i najniższego kręgu kosmosu… Możliwe jednak, że patrzymy tylko na skromną porcję mięsa i worek przydatnych piór". Przyjrzyjmy się wobec tego innym artefaktom: wizerunkom ludzi oraz na poły ludzkich istot, od kunsztownych aktów kobiecych po „czarownika" – pół jelenia, pół człowieka – z groty Chauveta we Francji oraz człowieka lwa z jaskini Hohlenstein-Stadel w Niemczech. Autorzy owych malowideł nie tylko obserwowali i kopiowali rzeczywistość z podziwianą dziś przez tak wielu **wyjątkową precyzją**[6], oni także tworzyli. Rodzi się zatem pytanie, czy ich wrażliwość naprawdę jest aż tak odległa od wrażliwości

artystów pokroju Paula Klee, który w 1920 roku pisał, że „sztuka nie kopiuje widzialnego świata; ona czyni go widzialnym". Czy wśród emocji i stanów, jakich doświadczali, nie mogły znaleźć się zdumienie i zachwyt?

Około dziesięciu tysięcy lat temu wraz z początkiem rozwoju rolnictwa w Anatolii (tereny dzisiejszej południowo-wschodniej Turcji) swój rozkwit przeżywała społeczność, której przedstawiciele posiedli umiejętność wznoszenia ogromnych kamiennych budowli. Na górskim zboczu, w neolitycznej świątyni Göbekli Tepe odkryto wysokie kamienne słupy ozdobione piktogramami, które prawdopodobnie miały charakter świętych symboli, oraz reliefami przedstawiającymi różne stworzenia. Nieopodal Göbekli Tepe, w Nevalı Çori – nadrzecznej prehistorycznej osadzie, gdzie przy okazji budowy wielkiej tamy przez kilka lat prowadzono wykopaliska, aż do zalania terenów na początku lat dziewięćdziesiątych – znajdował się amfiteatr otoczony gigantycznymi skalnymi posągami. Na jednym z nich widać węża sunącego po głowie mężczyzny. Z kolei inna rzeźba przedstawia drapieżnego ptaka, który ląduje na obejmujących się bliźniętach. W ogromnych megalitach w kształcie litery T wyrzeźbiono podłużne, pozbawione twarzy głowy i ludzkie ramiona. Kiedy widzowie siedzieli na ławkach pod ścianami budowli, te gigantyczne postaci groźnie nad nimi górowały. Czy ci, którzy patrzyli na nie, czuli zdumienie, zachwyt, strach, a może jeszcze coś innego? Mało prawdopodobne, byśmy kiedykolwiek wyszli w tej kwestii poza obszar spekulacji, jednak przywołanie kontekstu rytualnego i religijnego wydaje się całkiem słuszne: wiemy, że dziś podobne miejsca często wywołują w ludziach głęboko emocjonalne stany, jak nabożna cześć, zachwyt i zdumienie.

Odciski dłoni są motywem powszechnie występującym w sztuce paleolitu i stanowią prawdopodobnie najstarszy uniwersalny symbol postaci ludzkiej. Powyższe dłonie pochodzą z prowincji Santa Cruz w Argentynie i liczą sobie od trzynastu do dziewięciu tysięcy lat.

Zdumienie, jak pisał w 1999 roku naukowiec Philip Fisher, „pojawia się na półmetku drogi wiodącej do wyjaśnienia poza granicami tego, co zwyczajne, ocierając się o irracjonalne lub nierozwiązywalne". Innymi słowy, jest to zarówno dziejowa, jak i jednostkowa swoista linia styku „pomiędzy tym, co jest nam tak dobrze znane, że przechodzimy nad tym do porządku dziennego, a tym, co unosi się na oceanie prawdy zbyt daleko, byśmy potrafili o tym mówić, jeśli w ogóle uda nam się to dostrzec". Stąd prosty wniosek – który zresztą w ogóle nie powinien nikogo dziwić – że ów stan umysłu ma ścisły związek z umiłowaniem mądrości i wiedzy. Już bowiem dla Platona i nawet Arystotelesa właśnie zdumienie i zachwyt, inaczej *thaumazein*, stanowiły źródło filozofii.

Platon uważał, iż „zdziwienie to początek filozofii". Podobną myśl wyraził Arystoteles: „zdziwienie jest tą przyczyną, dla której niegdyś, jak to zresztą miało miejsce i później, zaczęli ludzie filozofować".

W wielu tradycjach stan, który mieszkańcy współczesnych, uprzemysłowionych państw uznają za zdumienie światem i zachwyt nad nim, zajmuje istotne miejsce, aczkolwiek warto zaznaczyć, iż często ma on nieco odmienny charakter. Bo choć w nich owa wrażliwość wcale nie musi oznaczać wrogiego stosunku do głodu wiedzy, z reguły nie wywołuje aż takiego nienasycenia i nerwowości, jak ma to miejsce w przypadku naszych społeczeństw. Na przykład ludzi, których określamy mianem „animistów", łączy coś, co antropolog Tim Ingold nazywa „sposobem egzystencji objawiającym się pełnią istnienia i otwartością na wiecznie rodzący się świat". Dla nich rzeczywistość stanowi niewyczerpane źródło „zdumienia, ale nie zaskoczenia". Z kolei zgodnie z filozofią jogi zdziwienie odczuwane w chwili uświadomienia sobie własnej ignorancji na temat świata może prowadzić do wyzwolenia. W twórczości takich klasycznych poetów chińskich jak Li Po i Tu Fu moment skupienia na otaczających nas cudach nie pociąga za sobą gorączkowej pogoni za faktami; stanowi raczej punkt wyjścia do refleksji wynikającej ze zdumienia i podziwu (choć może również wywołać uczucia melancholii i alienacji). Natomiast w Europie dwudziestowieczny filozof Martin Heidegger przeciwstawia instrumentalną postawę przedstawicieli cywilizacji przemysłowej, zgodnie z którą wszystko wokół nas, co nie jest nami, automatycznie staje się zasobem do skonsumowania, czemuś, co definiował jako stan autentycznego zdumienia.

W rozumieniu Heideggera zdumienie (czyli *Erstaunen*, które łączył z *Verhaltenheit*, czyli powściągliwością) odsłania istotę ludzi i rzeczy, powoduje, że pragniemy ochronić piękno i złożoność otaczającego nas świata. Moim zdaniem to całkiem pociągająca koncepcja, która może przysłużyć się współcześnie stosownej etyce (ale nie być jej sednem). Jednak wcale nie trzeba aż tak dalece podążać za Heideggerem –

zwłaszcza w kierunku podjętych przez niego katastrofalnych decyzji politycznych – by zrobić użytek z rozróżnienia, którego dokonał pomiędzy prawdziwym zdumieniem a zbliżonymi doń, lecz nie tożsamymi z nim, stanami umysłu.

Zacznijmy od zdziwienia oraz pełnego szacunku podziwu/lęku (pierwotnie nazwanymi *Staunen* i *Bestaunen*). Obydwa te pojęcia są szczególnie obecne w myśli przednowoczesnej i religijnej, zrodzonej w świecie pełnym tajemnic, gdzie jeden Bóg lub liczni bogowie budzili grozę. Dwa wyraziste przykłady – obydwie te historie zostały spisane po raz pierwszy prawdopodobnie w IV wieku p.n.e. – pochodzą z *Bhagawadgity* i Starego Testamentu. W rozdziale XI świętej księgi hinduizmu Kryszna obdarza Arjunę boskim wzrokiem i objawia mu się w kosmicznej formie. Przed cudem jego majestatu, okazalszym niż blask tysiąca słońc, niebo, Ziemia i cały nieskończony wszechświat **drżą zdjęte lękiem**[7]. Z kolei we fragmencie Księgi Hioba wyznaczonym wersami 38–41 Jahwe przemawia z wichru do swego wyznawcy słowami: „Gdzieżeś był, gdy zakładałem ziemię? [...] ku uciesze porannych gwiazd, ku radości wszystkich synów Bożych? Kto bramą zamknął morze, gdy wyszło z łona wzburzone [...]?" (Hiob oczywiście nie ma na to odpowiedzi). Podobny trop możemy znaleźć w Księdze Psalmów, gdzie szczególne miejsce zajmuje pojęcie ***yir'ah***[8] – podziw, lęk i nabożna cześć odczuwane przez tych, którzy doświadczyli znaków i cudów obecności Bożej na Ziemi – przedstawiane jako początek mądrości.

Zdziwienie i pełen szacunku podziw stanowiły również atrybuty wzniosłej, romantycznej wrażliwości, która rozwinęła się w osiemnasto- i dziewiętnastowiecznej Europie. Jednak w tym nowym świecie owe emocje nabrały nieco innego charakteru. Podszyty lękiem podziw wywołany widokiem takich wielkich dzieł natury jak majestatyczna góra czy olbrzymi wodospad był doświadczeniem tyleż (jeśli nie bardziej) estetycznym, co religijnym. Owa koncepcja znalazła wyraz we wpływowym dziele Edmunda Burke'a *Dociekania filozoficzne*

o pochodzeniu naszych idei wzniosłości i piękna z 1756 roku. Filozof opisuje w nim wzniosłość jako „podszyty pewną dozą lęku" stan zdumienia, w którym „wszelka [myśl] pozostaje zawieszona". Jednocześnie, jak podkreśla Burke, w obliczu wzniosłości mimo zagrożenia odczuwamy radość. Fakt, że ogromny wodospad może nas pochłonąć, w pewnym sensie stanowi o jego uroku, gdyż skonfrontowani z niebezpieczeństwem mamy szansę zapanować, przynajmniej do jakiegoś stopnia, nad strachem, co z kolei sprawia, że w pełni świadomie przeżywamy naszą egzystencję.

Poczucie wzniosłości różni się jednak od reakcji, jaką wywołuje w nas zazwyczaj kontakt z czymś osobliwym. Kluczowym czynnikiem w przypadku tego stanu (Heidegger nazywa go *Verwunderung*) jest nowość. Przedmiot wprawiający nas w zadziwienie może być różny. Czasem jest to kwestia zwykłego poczucia obcości, wrażenia, że mamy do czynienia z czymś dziwnym i nieznanym – przypomnijmy sobie scenę z *Burzy*, w której Trynkulo po raz pierwszy widzi Kalibana i zaczyna się zastanawiać, jak by go tu przewieźć z powrotem do Anglii, gdzie mógłby go pokazywać **za pieniądze**[9]. Czasem może być to wyczyn wymagający nadzwyczajnych umiejętności lub odwagi, jak na przykład żonglowanie piłą łańcuchową, czasem coś szokującego lub dziwacznego, co w odczuciu wielu osób zbliża się do granicy groteski albo już dawno ją przekroczyło, jak choćby człowiek słoń czy chora na mikrocefalię postać z filmu *Dziwolągi* w reżyserii Toda Browninga z 1932 roku, a czasem, w dobie internetu, obraz przedstawiający ofiarę choroby zwanej płód arlekin czy też prosię z wyrostkiem na czole w kształcie penisa. Zadziwić nas może także coś niedorzecznego, a jednocześnie rozbrajającego, jak choćby jedna z moich ulubionych ciekawostek: „ten maleńki hipcio został oddzielony od reszty rodziny przez tsunami i zaprzyjaźnił się ze stotrzyletnim żółwiem lądowym". Jednakże, niezależnie od przedmiotu naszego chwilowego zaintrygowania, żadna z tych osobliwości nie jest w stanie na dłużej przykuć naszej uwagi, gdyż zawsze trawi nas od wewnątrz głód

nowości i rzadko kiedy czujemy potrzebę dogłębnego wyjaśniania czy odkrywania sensu.

Od fascynacji i pragnienia podążania za tym, co nowe, zgoła odmiennym stanem jest szczególny rodzaj chłodnego podziwu (czyli, zgodnie z kategoryzacją Heideggera, *Bewunderung*). Razem z nim uaktywnia się intelekt, podczas gdy osoba przeżywająca zachowuje pewien emocjonalny dystans względem przedmiotu swojej admiracji. Taka forma zdumienia jest być może najbliższa koncepcji Platona i Arystotelesa. Obydwaj uważali, że zdziwienie daje początek filozofii, lecz nie stanowi jej celu, bowiem główne zadanie rozważań filozoficznych polega na robieniu użytku z rozumu, aby udoskonalać ludzką kondycję. Podobny pogląd znajdziemy u Kartezjusza, wielkiego francuskiego matematyka i filozofa. W swojej rozprawie z 1649 roku opisuje podziw (*l'admiration*) jako pierwszą **z namiętności**[10] – czysto mentalną, której nie towarzyszą ani przyspieszony puls, ani kołatanie serca. Według siedemnastowiecznego myśliciela „podziw jest nagłym zaskoczeniem duszy, które skłania ją do uważnego rozpatrzenia przedmiotów wydających się jej rzadkimi i nadzwyczajnymi". Powinniśmy zatem traktować ów stan jako wysoce pożądany, gdyż dzięki niemu możemy skupić się na przedmiotach, jakimi rzeczywiście są, nie zaś ze względu na to, czym są dla nas, co w konsekwencji zachęca nas do przyjęcia naukowego modelu myślenia. A kiedy już zakiełkuje pragnienie zdobywania zaawansowanej wiedzy, dowodzi dalej Kartezjusz, dalsze odczuwanie podziwu staje się dla nas zbędne. W takim ujęciu podziw odgrywa czysto instrumentalną rolę, a co za tym idzie – nie powinien trwać dłużej, niż to potrzebne. Rozumiany w ten sposób, ogólnie rzecz ujmując, stanowi źródło inspiracji dla rewolucji naukowej, wobec której Heidegger odnosił się z tak dużą dozą nieufności. (W bardziej optymistycznej wersji, proponowanej przez Stevena Johnsona w książce *Wonderland* z 2017 roku, zachwyt nowością oraz dążenie do przyjemności, w połączeniu z przeprowadzoną na chłodno analizą, nierzadko stawały się siłą napędową postępu

technologicznego oraz społecznego, przynoszącego liczne korzyści i prowadzącego do wielkich przełomów. Programowalne komputery wywodzą się od samogrających instrumentów muzycznych; demokracja rodzi się w tawernach i kawiarniach, gdzie wszyscy ludzie spotykają się jako równi).

Narodziny nauki

Dociekliwość, której rozkwit nastąpił wraz z początkiem epoki nowożytnej, stanowiła źródło głębokiej zmiany, jaka dokonała się w myśleniu Europejczyków o rzeczach i zjawiskach wywołujących zdumienie. Historyk David Wootton ilustruje charakter tej zmiany, porównując dwa warianty wykształconego Anglika: wersję z czasów, zanim nauka funkcjonująca jako filozofia przyrody zaczęła odgrywać istotną rolę w kulturze jego ojczyzny, z wersją z późniejszego okresu. W 1600 roku, dekadę przed odkryciami dokonanymi przez Galileusza za pomocą teleskopu, które skłoniły Johna Donne'a do stwierdzenia: „nowa filozofia wszystko podaje w wątpliwość", wyedukowany Anglik wierzy, że czarownice i czarnoksiężnicy istnieją naprawdę i że te władające magią istoty potrafią przywoływać sztormy zatapiające statki. Wierzy, że myszy powstają samoistnie w stertach słomy. Wierzy w jednorożce, choć widział tylko róg. Wierzy, że istnieje olej, który uleczy ranę zadaną sztyletem, jeśli jego ostrze zostało nim natarte. Że w obecności mordercy trup zacznie krwawić. Wierzy, że po kształcie, kolorze i fakturze rośliny można rozpoznać jej właściwości lecznicze. Że metal pospolity da się zamienić w złoto. Że tęcza to znak od Boga, zaś kometa zwiastuje nadciągające nieszczęście. Wierzy w astrologię i jest święcie przekonany, że – choć minęło już niemal sześćdziesiąt lat, odkąd Mikołaj Kopernik opublikował dzieło o całkowicie odmiennym stanie rzeczy – to Słońce obraca się wokół Ziemi. Wierzy, że Arystoteles jest największym filozofem, a trzej starożytni Rzymianie: Pliniusz

Starszy, Galen i Klaudiusz Ptolemeusz to największe autorytety w dziedzinie filozofii przyrody, medycyny i astronomii.

Mija przeszło sto lat. Mamy lata trzydzieste XVIII wieku. Nasz światły Anglik obserwuje otaczającą go rzeczywistość za pomocą teleskopu i mikroskopu. Ma zegar wahadłowy, barometr (i wie, że na końcu rurki znajduje się próżnia). Nie zna nikogo wśród swoich wykształconych, obytych w świecie kompanów, kto wierzy w magię, czarownice, alchemię czy astrologię. Zdaje sobie sprawę, że jednorożec to stworzenie mityczne. Nie wierzy, że z kształtu czy koloru rośliny można odczytać jej potencjalne właściwości lecznicze. Nie wierzy w samorództwo istot na tyle dużych, by zobaczyć je gołym okiem. Nie wierzy ani w uzdrowicielskie moce mikstur wcieranych w broń, ani w krwawienie trupa w obecności mordercy. Wie, że tęcza to efekt załamania światła, że Ziemia krąży wokół Słońca i że komety nie mają żadnego wpływu na naszą ziemską egzystencję. Wie, że serce to pompa, i być może widział nawet, jak działa **silnik parowy**[11]. Jest przekonany, że za sprawą filozofii przyrody świat ulegnie przeobrażeniu, zaś przedstawiciele nowożytności już dawno wyprzedzili starożytnych, i to pod każdym względem.

Ten nowy sposób myślenia – który Wootton nazywa „nowym rodzajem zaangażowania w rzeczywistość odbieraną zmysłami" – miał ogromny wpływ na kontakt człowieka z naturą, wobec której zyskiwał coraz większą władzę. Dysponował coraz szerszym spektrum wyboru, co z kolei prowadziło do redukcji poziomu lęku w życiu codziennym. Taka postawa, w niemal niezmienionym kształcie, przetrwała do dziś, a u niektórych przybiera formę dość wyważoną, by nie powiedzieć beznamiętną. Za przykład mogą posłużyć nam słowa dwudziestowiecznego fizyka Richarda Feynmana: „Ludzie pytają mnie «Chcesz odkryć uniwersalne prawo fizyki?». Moja odpowiedź brzmi «nie». Ja po prostu chcę się dowiedzieć więcej o świecie. Jeśli w trakcie moich poszukiwań okaże się, że owszem, istnieje jakieś jedno nadrzędne prawo, które wyjaśnia wszystko, nie mam nic przeciwko.

Takie odkrycie byłoby bardzo przyjemne. Jeśli natomiast okaże się, że sytuacja przypomina raczej cebulę z milionami warstw, a my poczujemy, że mamy już serdecznie dość ich odkrywania, cóż, trzeba się będzie po prostu z tym pogodzić. [...] Moje zamiłowanie do nauki bierze się wyłącznie z chęci dogłębniejszego poznania świata. To wszystko".

Mimo iż Feynman mówi o swoich badaniach z powściągliwością, odkrycia naukowe mogą być źródłem ogromnej radości, zarówno dla samego odkrywcy, jak i dla tych, którzy idą w jego ślady. Weźmy na przykład teorię względności Einsteina, sformułowaną przy użyciu metody przez samego fizyka określanej mianem „gry kombinacyjnej", polegającej na zestawieniu dwóch dotychczas zupełnie niepowiązanych ze sobą idei. A co, jeśli – zastanawiał się Einstein – grawitacja wcale nie jest jakąś tajemniczą siłą oddziałującą na obiekty z odległości, tylko raczej czymś w rodzaju pola elektromagnetycznego, i sama jest przestrzenią? Współczesny fizyk Carlo Rovelli opisuje emocje, jakie towarzyszyły mu, kiedy jako student zaczął rozumieć naturę przełomowego odkrycia Einsteina:

> Co jakiś czas podnosiłem wzrok znad książki i spoglądałem na skrzącą się taflę morza: miałem wrażenie, jakbym patrzył na samo zakrzywienie czasoprzestrzeni, które wyobraził sobie Einstein. Miałem wrażenie doświadczania magii, jakby jakiś przyjaciel szeptał mi do ucha o niezwykłej, głęboko ukrytej prawdzie i jakby od jego słów unosiła się nagle zasłona rzeczywistości, odkrywając przede mną prostszy, a jednocześnie znacznie głębszy porządek rzeczy. Od odkrycia, że Ziemia jest okrągła i obraca się jak szalony bączek, zrozumieliśmy, że rzeczywistość wcale nie jest taka, jak się nam wydaje: za każdym razem, gdy mignie nam przed oczyma jej kolejny aspekt, odbieramy to jako wyjątkowo emocjonalne przeżycie. Kolejna zasłona opada.

Ciemna strona nauki

W naszej kulturze nauka i technologia są ściśle kojarzone z ideą postępu. W przeważającej większości przypadków wielkie odkrycia i przełomy spotykają się z entuzjastyczną reakcją, ponieważ fascynują, wzbudzają ekscytację albo po prostu poszerzają zakres możliwości człowieka, jednocześnie łagodząc ludzką niedolę. Teoretycznie nauka jest **obiektywna** i **bezstronna**[12], jednak niesie ze sobą pewne niebezpieczeństwo, gdyż wiedza, zwłaszcza nowo zdobyta, daje władzę i stwarza okazję do jej nadużywania. Zapowiedź tego czarnego scenariusza możemy znaleźć już w mitologii greckiej: jedną z córek Taumasa, boga cudów morskich, jest Iris, piękna bogini tęczy, ale pozostałe potomstwo to harpie, okrutne demony zwiastujące chaos i śmierć.

Dla Europejczyków z początków nowożytności odkrycie Ameryki, które między innymi stało się impulsem do wybuchu rewolucji naukowej, było wydarzeniem absolutnie zdumiewającym, chociażby dlatego, że stanowiło namacalny dowód na istnienie całkiem nowych, nieznanych starożytnym wymiarów rzeczywistości, które czekają na swoich odkrywców. Jednakże ci co bardziej wrażliwi i rozsądni zdawali sobie sprawę z faktu, iż pokłosiem tego typu przełomów często były wielkie tragedie i katastrofy. „Niezwykłe odkrycie Ameryki… jest dziś na ustach wszystkich, przyćmiewając wszelkie inne cuda” – pisał Bartolomé de Las Casas w 1542 roku, tyle tylko, że to zdanie znalazło się na wstępie książki dokumentującej ludobójstwo rdzennej ludności. Początki Stanów Zjednoczonych znaczy niejedna krwawa zagłada, lecz o skali i charakterze przemocy, której dopuszczali się kolonizatorzy, mogą nam dać pojęcie jedynie opisy pojedynczych przypadków i praktyk, na przykład śmiertelnych tortur, którym „dla rozrywki gawiedzi” poddawane były rdzenne Amerykanki i ich dzieci, albo radosnych zabaw na ulicach Manhattanu z wykorzystaniem

osiemdziesięciu odciętych głów Indian w charakterze piłek futbolowych.

Dziś nauka i technologia poszerzają granice dobrobytu ludzkości, wykraczając daleko poza najśmielsze marzenia naszych przodków. Jednocześnie to właśnie one umożliwiły stworzenie broni, która jest w stanie zmieść z powierzchni Ziemi miliony istnień w ciągu zaledwie kilku sekund. „Tak bardzo gloryfikowany przez nas postęp technologiczny, i w ogóle cała nasza cywilizacja – pisał Albert Einstein w połowie XX wieku – są niczym siekiera w ręku patologicznego przestępcy". I choć w dzisiejszych czasach groźba konfliktu nuklearnego nie spędza nam snu z powiek, jak w okresie zimnej wojny, prześladują nas inne widma. Jednym z nich jest negatywny wpływ nauki i technologii na środowisko naturalne: to one umożliwiają współczesnym społeczeństwom zanieczyszczanie oraz naruszanie naturalnej równowagi ekosystemów, od których jesteśmy zależni, co w konsekwencji prowadzi do destabilizacji. Lęk wywołuje w nas również obawa, że pomimo wspaniałych perspektyw otwieranych przed nami nowe technologie doprowadzą ostatecznie do ograniczenia naszej wolności. W latach pięćdziesiątych XX wieku Aldous Huxley ostrzegał, że za sprawą farmakologii i indoktrynacji ludzie mogą w którymś momencie pokochać swoje zniewolenie. Gdyby zastąpić jego „demony" cukrem, **smartfonami** i **masową dezinformacją**[13], okazałoby się, że miał sporo racji, a przecież jeszcze wcale nie znamy pełnej skali wpływu, jaki wywrą na nas inteligentne systemy rozpoznające nasze emocje i przewidujące nasze pragnienia trafniej niż my sami.

Melancholia

Nawet jeśli człowiek wiedzie względnie zdrową, bezpieczną egzystencję, zły nastrój może popsuć dosłownie wszystko. Jeśli o mnie chodzi, stan będący całkowitym przeciwieństwem zachwytu

i zdumienia ogarnia mnie czasem, gdy myślę o niektórych dokonanych w życiu wyborach (zakładając, że rzeczywiście miałem **wybór**[14]) albo kiedy oddaję się refleksji nad systemem politycznym i gospodarczym, który gruchocze nas w dziubę tak, że nie jesteśmy w stanie japnąć już nic prócz **piip**[15]. W takich chwilach, jeśli się całkowicie nie pogrążę w Bagnie Rozterki, to z pewnością ląduję na jego peryferiach. Szybko się jednak otrząsam, uświadamiając sobie, że te moje zgryzoty to typowe problemy ludzi pierwszego świata i że mogło być znacznie gorzej – jak w tym dowcipie: obrzydliwe jedzenie, a do tego takie małe porcje. Zły humor w końcu mija i próbuję zrobić coś pozytywnego. „Z jednego snu wpadamy w drugi i nie ma końca tej iluzji" – pisał Ralph Waldo Emerson. „Życie to pasmo nastrojów niczym nanizanych na sznur korali. Gdy doświadczamy kolejnych, każdy z nich okazuje się wielobarwną soczewką, nadającą światu swój własny odcień, ukazującą to tylko, co leży w jej centrum".

Źródła przygnębienia mogą być różne. Wielu z pewnością nieraz dopadały znacznie czarniejsze myśli niż mnie, i to z zupełnie innych powodów. Niektóre z tych stanów zostały znakomicie odmalowane w literaturze. „Wyznam wam uroczyście, iż nieraz pragnąłem stać się nędznym robakiem" – mówi jeden z bohaterów Fiodora Dostojewskiego, Człowiek z Podziemia. – „[...] i w głębi duszy skrycie kąsałem się za to zębami, ćwiartowałem i szarpałem siebie tak, że gorycz przekształcała się w końcu w jakąś haniebną, obmierzłą lubość, a wreszcie w niewątpliwą, rzeczywistą rozkosz". Jeszcze mroczniejszy obraz znajdziemy w opowiadaniu Franza Kafki *Przemiana*. Tu główny bohater, Gregor Samsa, przeistacza się w wielkiego obrzydliwego robaka, którego na poziomie metaforycznym możemy odczytać jako symbol tudzież alegorię stanu psychologicznego.

Prawdziwe życie bywa równie paskudne i bolesne co najgorsze doświadczenia opisane w książkach. Już sama świadomość, że egzystujemy w wiecznie wzburzonych wodach bezustannie zmieniającego się świata i że u kresu naszej ziemskiej wędrówki czeka

śmierć, jest dość przerażająca. **Resentyment**[16] oraz gniew wywołane zarówno realnymi, jak i wyimaginowanymi urazami i zniewagami mogą przejawiać się w pełnych wrogości myślach, w mowie nienawiści oraz aktach przemocy. Jednakże próby przezwyciężenia wewnętrznej pustki czy całkowitego znieczulenia – poprzez nadużywanie alkoholu i narkotyków, samookaleczanie się czy uciekanie się do innych tego typu zachowań – są równie powszechną praktyką.

We wczesnym okresie nowożytności ponury nastrój – bezsenność, drażliwość, niepokój i rozpacz – postrzegano jako symptom melancholii, która, wedle ówczesnych mieszkańców Europy, była efektem nadmiernego gromadzenia się czarnej żółci (jednego z czterech rzekomych „humorów"; do pozostałych płynów ustrojowych należały: krew, śluz i żółć). To właśnie za sprawą melancholii Hamlet, patrząc na sklepienie niebieskie, zamiast majestatycznej przestrzeni obsypanej złotymi iskrami widzi „**marny, zaraźliwy zbiór wyziewów**"[17]. I to ona niczym mroczna zjawa przenika karty opasłego traktatu Roberta Burtona ***The Anatomy of Melancholy***[18] z 1621 roku. Jednakże renesansowi humaniści dostrzegali także pozytywny aspekt tej przypadłości. Zdaniem Marsilia Ficina melancholia miała bezpośredni związek z „geniuszem" i stąd kojarzono ją z potencjałem twórczym oraz mocą inicjowania zmiany. Jeśli chodzi o niniejszą książkę, właściwy kierunek pomaga wyznaczyć *Melancholia I* Albrechta Dürera.

Od chwili powstania w 1514 roku miedzioryt niemieckiego artysty niezmiennie fascynował ludzi, którzy na wiele różnych sposobów poszerzali granice domeny zdumienia lub jego mrocznej strony. William Blake nie pozbył się swojej kopii, nawet gdy bieda zmusiła go do wyprzedania niemal wszystkich posiadanych dóbr. Reprodukcje *Melancholii I* zdobiły także ściany gabinetów Alberta Einsteina i **Sigmunda Freuda**[19].

Według klasycznej interpretacji dwudziestowiecznego historyka sztuki Erwina Panofskiego, przedstawiona na rycinie postać

uskrzydlonej anielicy to personifikacja dwóch odległych idei: Melancholii jako jednego z czterech humorów oraz Geometrii wchodzącej w skład siedmiu sztuk wyzwolonych. Symbolizuje ducha renesansowego artysty, który szanuje praktyczne umiejętności, jednocześnie tęskniąc za pięknem i abstrakcją modelu matematycznego. Który znajduje inspirację w ruchach ciał niebieskich i wiecznych ideach, jednocześnie głęboko cierpiąc z powodu kruchości ludzkiego istnienia oraz ograniczeń własnego intelektu. Powyższa analiza, czerpiąca pełnymi garściami z dorobku nauki oraz historii sztuki, wydaje się całkiem rozsądna, ale *Melancholia I* jest dziełem tak fascynującym po części również dlatego, że wymyka się jednoznacznym odczytaniom i zawsze otwarta jest na nowe interpretacje. Oto moja.

Dawniej wierzono, że **anioły**[20] to istoty z pogranicza światów, zawieszone pomiędzy Bogiem, któremu służą, a Człowiekiem, któremu od czasu do czasu przynoszą wiadomości (choć niektórzy wierzą w to do dziś). Krzepka anielica Dürera wygląda, jakby należała wyłącznie do świata materialnego, a jeśli nawet tak nie jest, na pewno sprawia wrażenie istoty zaangażowanej w ziemskie sprawy. Otaczający ją mrok rozświetla światło księżyca, jednak patrząc na tę scenę, wcale nie mamy poczucia, jakbyśmy zostali wciągnięci do krainy z koszmarów sennych stworzonej przez gnostycznego demiurga. Dziwaczny nietoperz dźwigający tytuł miedziorytu prezentuje się dość mizernie i raczej nie wzbudza grozy, nie mówiąc o tym, że wygląda, jakby właśnie **odlatywał**[21]. Niekonwencjonalna pisownia wyrazu na niesionym przez niego transparencie nabiera sensu, jeśli odczytamy go jako anagram *Limen Caelo*, czyli brama do nieba.

Tak czy inaczej, niezależnie od tego, co tak naprawdę robi bohaterka obrazu, ważne, że się nie poddaje. Gdyby była przygnębiona, miałaby spuszczony wzrok. Tymczasem śmiało spogląda w górę. Prawdopodobnie zamyśliła się i dlatego przerwała na moment pracę nad szkicem, który kreśli za pomocą cyrkla spoczywającego na jej

kolanach, by za chwilę wrócić do przerwanej czynności. Narzędzia stolarskie leżą co prawda porozrzucane wokół jej stóp, ale żadne nie jest popsute – cała sceneria przypomina warsztat człowieka pochłoniętego tworzeniem, a nie kogoś, kto właśnie przeżywa rozpad swojego wewnętrznego świata. (Jeśli zawartość **notatników**[22] żyjącego w tych samych czasach co Dürer Leonarda da Vinci stanowi jakikolwiek punkt odniesienia, jego pracownia musiała wyglądać podobnie, a sam artysta był tak daleki od letargu jak aktywny wulkan). „Melancholia nie ma nic wspólnego z pragnieniem śmierci – pisał W.G. Sebald. – To forma oporu".

Umieszczony po lewej stronie obrazu ogromny wielościan, który jednocześnie znajduje się na skraju pola widzenia zamyślonej anielicy, prawdopodobnie powstał właśnie w tym warsztacie. Parametry tego obiektu, czyli ściętego romboedru, znanego dziś jako bryła Dürera, stanowiły przedmiot ożywionej dyskusji. Być może autor *Melancholii I* próbował stworzyć nową bryłę archimedesową (wielościan półforemny składający się z dwóch lub większej liczby rodzajów wielokątów foremnych), której wszystkie wierzchołki dotykałyby ścian opisanej na niej kuli. Jeśli rzeczywiście takie było zamierzenie, skrzydlata bohaterka ryciny, podobnie jak sam artysta, poległa, gdyż postawiony tu geometryczny problem nie ma matematycznego rozwiązania.

Na początku XVI wieku najwybitniejsi matematycy zajmujący się geometrią tak jak Platon uważali, że wielościany foremne składające się z wielokątów jednego rodzaju, znane również jako bryły platońskie, stanowiły elementy składowe materii. Czworościan reprezentował ogień, sześcian – ziemię, ośmiościan – powietrze, dwudziestościan – wodę, dwunastościan – eter (tajemniczą substancję, która rzekomo

wypełniała przestrzeń kosmiczną). Mylili się, rzecz jasna, ale jak zauważa fizyk Frank Wilczek, ich błąd przyniósł wiele pożytku. Dzięki niemu ludzie zaczęli dopuszczać możliwość, iż u podstaw świata materii leży ograniczona liczba komponentów. Również według modelu standardowego fizyki cząsteczkowej, albo teorii podstawowej (*Core Theory*), wyróżnia się ograniczoną liczbę cząstek elementarnych (jak dotąd wyodrębniono ich siedemnaście), których rozmaite kombinacje tworzą **wszystko, co nas otacza**[23]. Czy wobec tego anielicę z Dürerowskiego sztychu można traktować jako pionierkę współczesnej fizyki, która podejmuje próbę zrozumienia podstawowych elementów będących budulcem świata, tym samym otwierając drzwi naukowcom, którzy chcieliby manipulować najgłębszymi poziomami rzeczywistości?

Melancholia I zawiera także wiele innych ciekawych elementów: mamy tu cherubina, psa, klepsydrę, wagę, dzwon i pęk kluczy przytroczony do pasa anielicy. Godne uwagi są również symbole alchemiczne: tygiel stojący na lewo za wielościanem, tuż przy samej krawędzi obrazu, oraz drabina z siedmioma szczeblami – które wedle tradycji alchemicznej symbolizują siedem metali i siedem planet – prowadząca do niewidocznej wieży lub też punktu obserwacyjnego znajdującego się gdzieś ponad ramą. No i jest jeszcze zbiór liczb w górnym prawym rogu, nad głową skrzydlatej kobiety. Tworzą magiczny kwadrat, w którym sumy liczb w każdej kolumnie i w każdym wierszu są takie same (w tym przypadku równe trzydzieści cztery). Dodatkowo tę sumę można uzyskać, jeśli dodamy do siebie liczby w każdej ćwiartce oraz w czterech środkowych polach kwadratu. Ale na tym nie koniec, bowiem dwie liczby pośrodku dolnego wiersza tworzą datę powstania obrazu (1514), natomiast jeden i cztery w dwóch dolnych narożnikach odpowiadają literom A i D, którymi Albrecht Dürer zawsze podpisywał swoje rysunki i ryciny.

Jak to wszystko należy rozumieć? Być może Dürer próbował zmierzyć się z koncepcją (po raz pierwszy sformułowaną – przynajmniej z tego, co nam wiadomo – przez Pitagorasa) mówiącą o tym, że wszystko jest

liczbą. Możliwe też, że chciał, by jego dzieło stanowiło pewien rodzaj łamigłówki, która zaangażuje intelektualnie odbiorcę, a co za tym idzie, otworzy jego umysł. Artysta, zwracając naszą uwagę na symboliczną, niemal obsesyjnie szczegółową rzeczywistość anielskiej pracowni, pozwala nam wyjść w naszym widzeniu i myśleniu poza granice przedstawionego świata (nazwisko Dürer można tłumaczyć jako rzemieślnik wytwarzający drzwi). Na przestrzeni wieków, od Paracelsusa po Junga, alchemię kojarzono z rozwojem tego, co indywidualne, ja jednak wolę traktować tę symboliczną drabinę jako intuicyjną zapowiedź metody naukowej, umożliwiającej uzyskanie szerszej perspektywy na drodze stopniowego postępu. Magiczny kwadrat chciałbym zaś interpretować jako odzwierciedlenie odwiecznej łamigłówki, którą jest otaczająca nas rzeczywistość, bo (jak to ujął dwudziestowieczny fizyk Eugene Wigner) matematyka ma w sobie pewną **„pozbawioną racjonalnych podstaw skuteczność”**[24]

. Przejawia się tym, że powstałe w jej obrębie koncepcje często znajdują zastosowanie w sytuacjach daleko wykraczających poza kontekst, w którym zostały pierwotnie sformułowane. Bo dlaczego na przykład liczba π, czyli stosunek obwodu koła do długości jego średnicy, pojawia się w statystycznej analizie tendencji populacyjnych, nie mówiąc o definicji stałej struktury subtelnej, równaniu Einsteina czy też definicji długości Plancka, tj. najmniejszej długości mającej sens fizyczny? Można odnieść wrażenie, jakkolwiek niesamowite by się to wydawało, że istnieje jakiś kod wszechświata, który krok po kroku da się odszyfrować. I choć nie bardzo wiemy, co właściwie **wprawia w ruch**[25] te wszystkie równania, wciąż egzystujemy w opisywanym przez nie świecie.

Melancholia I kryje w sobie także inne treści. Kula leżąca u stóp anielicy ma idealnie symetryczny kształt, tak bardzo ukochany przez starożytnych Greków, jednakże w 1514 roku zaczęła nabierać nowego znaczenia. Nieco ponad dwadzieścia lat wcześniej odbyła się pierwsza podróż Kolumba do Ameryki, która nie tylko potwierdziła kulisty kształt

Ziemi, lecz także uświadomiła ludziom, że mają do odkrycia znacznie więcej, niż kiedykolwiek śniło się starożytnym. Erdapfel, globus z 1492 roku skonstruowany przez Martina Behaima w Norymberdze, rodzinnym mieście Dürera, przedstawia szczegółowo wszystkie obszary lądowe oprócz Ameryk: szlak morski wiodący z Lizbony na zachód prowadzi w prostej linii do Chin i Japonii. W przeciwieństwie do globusa Behaima planisfera Salviatiego z około 1525 roku zawiera wstępną wersję odwzorowania fragmentów wybrzeża nowo odkrytej Ameryki, jednak jej autor również, z dużą dozą pewnej siebie ignorancji, potraktował ogromne, niezbadane połacie planety jako białe plamy. Warto pamiętać, że *Melancholia I* powstała niedługo po tym, jak Kopernik w swoim *Małym komentarzu* z 1510 roku odebrał Ziemi centralne miejsce we wszechświecie. Istnieje więc spore prawdopodobieństwo, iż do Dürera, jednego z lepiej wykształconych artystów swojej epoki, i do tego **zapalonego astronoma amatora**[26], dotarły wieści o sensacyjnych tezach zawartych w tej rozprawie.

Wróćmy jednak do pozostałych elementów kompozycji. W górnej partii ryciny, po lewej stronie widać niewielki fragment krajobrazu, noszącego w języku niemieckim nazwę *Weltlandschaft* (czy bardziej precyzyjnie, *Seelandschaft*) – wielki świat istniejący poza granicami pracowni. Wspaniałe miasto wznosi się na brzegu ogromnego jeziora albo spokojnego morza, którego wody rozlewają się aż po daleki, nieznany horyzont, przywodząc na myśl młodszy o kilka stuleci obraz *Lagunenstadt* pędzla Paula Klee. Nad nieruchomą taflą wznosi się księżycowa tęcza – niezwykle rzadkie nocne zjawisko będące odpowiednikiem zwykłej tęczy. W wyjątkowych warunkach najbardziej baczne oko jest w stanie dostrzec w jej rzekomo białym świetle ślad widma optycznego (zazwyczaj do zobaczenia go potrzebny jest aparat fotograficzny, dużo czulszy niż ludzki narząd wzroku). Tak czy inaczej, ci, którzy patrząc na księżycową tęczę, widzą kolory, odbierają światło w zupełnie nowy, niezwykle rzadki sposób: światło słoneczne musi się odbić od Księżyca, zanim załamie się i odbije w kropelkach wody, by

wytworzyć zjawisko optyczne na granicy widzialności, co samo w sobie nosi znamiona prawdziwego cudu. Na Dürerowskim niebie widać również kometę przypominającą tę z wielkiej kroniki opublikowanej w Norymberdze w 1493 roku. Dla artysty jej znaczenie pozostawało raczej niejasne – traktował ją bardziej jako zagadkę niż zwiastun nadchodzącego zła. Zresztą kometa, która pojawiła się na niebie za życia Dürera, wbrew powszechnym obawom wcale nie przyniosła katastrofy. Może więc należało bać się nieco mniej, za to kwestionować nieco więcej – uświadomić sobie własną niewiedzę i mniej ufać ówczesnym autorytetom.

Dla mnie więc *Melancholia I* to zaproszenie do zdumienia otaczającą nas rzeczywistością i zachwytu nad nią. Bohaterka ryciny jest zatopiona w myślach, ale szeroki, wciąż niezbadany świat wzywa, oferując tak wiele do odkrycia. („Cała materia faluje od nieskończonych możliwości" – pisał dwudziestowieczny prozaik Bruno Schulz na kilka lat przed okrutną śmiercią poniesioną z rąk nazistów). Za pomocą cyrkla spoczywającego właśnie na jej kolanach kreśli mapę, która może odsłonić związki pomiędzy otaczającymi ją tajemnicami a wielkim światem leżącym poza granicami pracowni. I sam artysta zdaje się zachęcać nas do tego, byśmy także podjęli podobną próbę.

Zaproszenie do zachwytu

Niniejsza książka stanowi próbę wzbudzenia w czytelniku ciekawości, zdumienia światem i zachwytu nad nim, a zarazem podzielenia się z nim tymi doświadczeniami. Zabierając się do pisania, stanąłem jednak przed zasadniczym dylematem: na jakiej zasadzie wybrać i uporządkować cuda będące przedmiotem zawartych w niej rozważań? Za model mogłyby posłużyć wybrane pozycje spośród zachwycających dzieł o charakterze kompendiów wiedzy, powstałych w czasach złotego wieku islamu. Na przykład *Book of Curiosities of the Sciences and Marvels for the Eyes* [Księga osobliwości i cudów nauki], która zawiera niesamowitą

serię schematów nieba oraz map Ziemi, przekazuje esencję wiedzy zdobytej przez astronomów, historyków, uczonych i podróżników na przestrzeni dwustu lat, między IX a XI wiekiem naszej ery. W owym czasie powstały także inne, równie wspaniałe, choć może nieco mniej godne zaufania teksty, jak choćby opublikowana w 1314 roku *The Ultimate Ambition in the Arts of Erudition* [Ambitna księga erudycji], której autor poświęca sporo miejsca szalenie istotnym obserwacjom – dowiemy się na przykład, że jeśli człowiek odda mocz na ucho nosorożca, zwierzę czym prędzej ucieknie. Z kolei europejskie dzieła spod znaku *Augsburg Book of Miraculous Signs*, czyli augsburskiej księgi cudów pochodzącej z około 1550 roku, zawierają przepiękne ilustracje dziwnych zjawisk meteorologicznych oraz innych osobliwości uznawanych za zwiastuny apokalipsy. Tego typu pozycje można wziąć za wzór pod warunkiem, że dysponuje się albo mnóstwem czasu liczonego w dziesiątkach lat, albo całym zespołem iluminatorów, albo – ignorując **argumenty przeciwko cudom**[27] sformułowane przez Davida Hume'a – jest się w pełni oddanym zwolennikiem myślenia magicznego. W przypadku niespełnienia powyższych warunków należy zadowolić się prostszym schematem działania.

W tej sytuacji za potencjalny paradygmat może posłużyć dzieło włoskiego matematyka i hazardzisty, **Girolama Cardana**[28], zatytułowane *De rerum varietate* [Różnorodność rzeczy] z 1557 roku. Autor opisuje w nim cuda według miejsc ich występowania („cuda ziemskie", „cuda wodne" itd.) oraz określonego przez siebie stopnia ich „cudowności". I tak w kategorii prawdziwych cudów znalazły się „niebieskie chmury" zaobserwowane nad Cieśniną Magellana, podczas gdy meksykańscy akrobaci żonglujący stopami zostali sklasyfikowani jako „godni podziwu, aczkolwiek niezasługujący na miano prawdziwego cudu".

Ja również zdecydowałem się na coś podobnego, wprowadzając dwie organizujące zasady. Po pierwsze, wykorzystałem dobrze znaną koncepcję siedmiu cudów. I choć takie podejście może wydawać się

mało oryginalne, ma tę zaletę, że pomaga ująć temat w dogodne, ściśle określone ramy. Za wykorzystaniem takiego schematu przemawia również to, iż został zastosowany z powodzeniem co najmniej raz, w **krótkim eseju autorstwa fizyka Lewisa Thomasa**[29]. Po drugie, ułożyłem i powiązałem siedem wybranych przeze mnie cudów, kierując się zasadą emergencji – procesu powstawania jakościowo nowych form i zachowań w wyniku interakcji pomiędzy prostszymi elementami. W niniejszej książce przedstawia się to następująco: względnie nieskomplikowane zjawisko w pierwszym rozdziale ma udział w wykształceniu się zjawiska będącego przedmiotem drugiego rozdziału i tak dalej.

Gdybym mógł, odbyłbym wielką, daleką podróż, by stworzyć mapę cudów, podobnie jak profesor Mabouloff z Instytutu Nieskładnej Geografii, bohater filmu *Podróż do krainy niemożliwości* w reżyserii Georges'a Méliès a z 1904 roku. Sęk w tym, że budżet rzadko kiedy pozwalał mi wypuścić się dalej niż poza granice mojej szopy, a najdłuższą odbytą eskapadą była trwająca tydzień wyprawa do innej szopy. Dlatego moja eksploracja cudów ograniczała się do pobliskiej okolicy – szukałem w bibliotece, w laboratorium, od czasu do czasu spacerowałem po lesie czy też nad brzegiem morza. Krótko mówiąc, badałem swoje najbliższe otoczenie, a nie odległe miejsca, o których mogłem tylko pomarzyć. Jednak przemierzając nieznane mi dotąd okoliczne zakątki, czasami dostrzegałem – by posłużyć się słowami poety metafizycznego Thomasa Traherne'a – „rzeczy dziwne, lecz zwyczajne zarazem; niewiarygodne, lecz znane; wzniosłe, lecz pospolite; nieskończenie pożyteczne, lecz niepoważane". Bo nawet najbardziej błahy epizod, choćby taki w mojej kuchni, nosi w sobie ślad najwspanialszego z cudów. Podążając tym tropem, można powiedzieć, że wystarczyła **mała myśl**[30], by wypełnić nią całą tę książkę.

A oto jak przedstawia się jej kompozycja. Rozdział pierwszy dotyczy światła – jednego z podstawowych zjawisk we wszechświecie, z którego bierze początek tak wiele innych rzeczy. Opisuję w nim, czym jest

światło i w jaki sposób widzimy, zgłębiając ten temat na przykładzie tęczy, słońca oraz różnych rodzajów ciemności. W rozdziale drugim skupiam się na początkach samego życia, a także świata materialnego, z którego się ono wyłoniło, poświęcając również chwilę uwagi zaledwie garstce spośród wszystkich rzeczy i zjawisk, które czynią je tak zdumiewającym. Rozdział trzeci dotyczy ludzkiego serca, którego bicie bezustannie przypomina nam, jak krótka jest nasza fizyczna egzystencja, a jednocześnie jak niezwykle wytrzymałą i odporną istotą jest człowiek. Rozdział czwarty poświęcam mózgowi i przedstawiam w nim siedem prostych obserwacji na temat prawdopodobnie najbardziej złożonego obiektu w całym wszechświecie. Rozdział piąty traktuje o trajektorii ludzkiego życia – procesu możliwego dzięki nieprzerwanemu funkcjonowaniu, między innymi, serca i mózgu. Korzystając z podziału życia starożytnych, na trzy etapy: młodość, dojrzałość i starość, nie na siedem wedle tradycji średniowiecznej i wczesnonowożytnej, analizuję, jak doświadczamy zdumienia i zachwytu na przestrzeni całej naszej doczesnej egzystencji i w jaki sposób się to zmienia. Rozdział szósty to opowieść o samym zdumieniu otaczającym nas światem – o tym, w jaki sposób ten świat kształtuje nas, a także w jaki sposób my nadajemy mu kształt poprzez mapy i marzenia. W rozdziale siódmym przyglądam się technologiom, które przekształcają świat i jednocześnie wpływają na zmianę sposobu doświadczania go, tym samym zmieniając postrzeganie tego, co uznajemy za niezwykłe i godne zachwytu. Dzielę się w nim także refleksją na temat przyszłości cudu w coraz bardziej wypaczonym i wyniszczonym przez człowieka świecie, zastanawiając się, co w tej materii przyniesie jutro. W posłowiu zawieram garść dodatkowych przemyśleń na tematy poruszone w książce.

Karty *Nowej mapy cudów* wypełniają odkrycia naukowe, choć wcale nie uważam, że nauka ma odpowiedź na wszystko. Bo nie ma. Parafrazując **słynny fragment**[31] *Krytyki praktycznego rozumu* Immanuela Kanta z 1788 roku, dwie rzeczy napełniają mnie zdumieniem i lękiem: świat przyrody

leżący u podstaw naszego istnienia oraz to, co ludzie robią mu i sobie nawzajem. Jest wiele istotnych kwestii, wobec których nauka wciąż pozostaje bezradna, włączając w to pytania o to, co powinniśmy cenić najbardziej i dlaczego. Jeśli chodzi o nowe technologie (będące zarówno efektem, jak i źródłem przełomów naukowych), nie powinniśmy lekceważyć sygnałów ostrzegających przed ich zgubnym wpływem na kondycję ludzkości. Jednakże problem tkwi zazwyczaj nie w samej naturze nowych technologii, ale w sposobie ich **wykorzystania**[32]. Nauka i technika, o ile korzystamy z nich roztropnie, mogą pomóc wyeliminować wiele błędów i niedociągnięć, znacznie przesuwając granice naszych możliwości, w tym także możliwości doświadczania przez nas coraz to nowszych cudów.

Ale na tym nie koniec. Wiedza ma charakter tymczasowy, otwarty i niekompletny, i to się raczej nie zmieni. Na przykład liczba twierdzeń dowodliwych w dziedzinie matematyki jest **nieskończona**[33]. „[...] tym, co obserwujemy – pisał Werner Heisenberg – nie jest przyroda sama w sobie; lecz przyroda, jaka nam się jawi, gdy zadajemy jej pytania we właściwy nam sposób". A Thoreau, jak zwykle, trafił w samo sedno. Według amerykańskiego myśliciela „wyższa wiedza nie jest niczym więcej niż wielkim zadziwiającym odkryciem niewystarczalności tego, co nazywaliśmy wcześniej Wiedzą". Toteż „najwięcej, ile możemy osiągnąć, to nie Wiedza, ale Współodczuwanie Mądrości". W moim rozumieniu oznacza to, że największy zachwyt przychodzi wraz z miłością i mądrością pozwalającymi nam dostrzec i docenić to, co mamy przed oczyma. Bo, jak stwierdził poeta William Merwin: „Nie chodzi o zrozumienie. Chodzi o nasze życie, o nasze jedno jedyne życie".

Książka, którą trzymacie w dłoniach, nie jest mapą w sensie dosłownym, choć zawiera kilka map. Nie stanowi również, nawet w przybliżeniu, **wyczerpującego katalogu cudów**[34]. Kiedy ją pisałem, przyświecał mi bardzo prosty cel: opowiedzieć o kilku cudach najlepiej, jak potrafię – odnaleźć je w otaczającej mnie rzeczywistości,

uświadomić sobie ich skalę i docenić wagę. Mam nadzieję, że spoglądając we wskazywanym przeze mnie kierunku, sami dostrzeżecie ich jeszcze więcej.

Zdumienia doświadczamy w chwili, gdy funkcjonujemy na pełnych obrotach, zarówno intelektualnie, jak i emocjonalnie. Może doprowadzić nas na skraj przerażenia, lecz równie dobrze może otworzyć nam oczy na to, co osobliwe i nieprzewidywalne, wcale nie wzbudzając w nas lęku. Niczym mityczna, arystotelesowska lekkość – będąca według filozofa przeciwieństwem ciężkości – może wprawić nas w doskonały nastrój. Jak dobry dowcip, może wyczerpać temat… nazbyt zwięźle. Zdumienie otwiera przed nami nowe możliwości – to taki psychologiczny odpowiednik obcęgów, które Werner Herzog radził reżyserom zawsze mieć przy sobie. Dzięki niemu możemy poczuć, że na moment staliśmy się częścią czegoś większego i lepszego od nas samych. Że właśnie dokonaliśmy odkrycia albo przynajmniej postawiliśmy pierwszy krok na wiodącej ku niemu drodze. Że coś odzyskujemy, doświadczamy swego rodzaju powrotu – coś wraca na miejsce i wreszcie jest tak, jak być powinno. Zdumienie może w zupełności nam wystarczyć, ale może też stanowić idealny punkt wyjścia do dalszych poszukiwań. To stan umysłu, który pozwala przyjąć dar i uświadomić sobie jego wagę, nawet jeśli niekoniecznie jesteśmy w stanie pojąć jego znaczenie. To swoisty stan łaski.

1

TĘCZA I GWIAZDA

Światło

Przemiana ciał w światło i światła w ciała odpowiada biegowi przyrody, która się temi przemianami napawa.

Isaac Newton

Mam oczy i właśnie dlatego nie widziałem. Gdyby to były takie mikroskopy powiększające przedmioty sto tysięcy milionów razy, to może bym co dojrzał przez drzwi i schody; ale ponieważ mam tylko zwykłe oczy, to rozumie pan chyba, że wzrok mój wszystkiego dojrzeć nie może.

Charles Dickens, *Klub Pickwicka*

Pewnego lutowego poranka w 1962 roku John Glenn, pułkownik amerykańskiej piechoty morskiej, wcisnął się do kapsuły umieszczonej na dziobie rakiety i został wystrzelony na wysokość ponad stu sześćdziesięciu kilometrów w przestrzeń kosmiczną. W ciągu niecałych pięciu godzin trzykrotnie okrążył kulę ziemską, zanim grawitacja ściągnęła go bezpiecznie do Oceanu Atlantyckiego.

W trakcie tych pięciu godzin Glenn zaliczył trzy dni i trzy noce. Podczas pierwszego dnia trwającego około czterdziestu pięciu minut od chwili wystrzelenia rakiety na orbitę z przylądka Canaveral przeleciał nad Wyspami Kanaryjskimi i Kano w Nigerii, by zdążyć na zachód słońca nad Oceanem Indyjskim, po drugiej stronie Afryki. Według jego relacji zmierzch wyglądał przepięknie. Głęboką czerń nieba przecinało błękitne pasmo widoczne na horyzoncie. Słońce zachodziło dość szybko, choć nie tak bardzo, jak się tego spodziewał. Po obu jego stronach rozchodziły się lśniące warstwy błękitu i pomarańczu, zwężające się ku linii widnokręgu. Kiedy przelatywał nad australijskim wybrzeżem w okolicy Perth, była już noc. Lecąc nad Pacyfikiem, astronauta zaczął się przygotowywać na swój pierwszy świt.

W miarę jak Słońce wznosiło się nad wyspą Kanton, atolem na Oceanie Spokojnym, leżącym w połowie drogi pomiędzy Fidżi i Hawajami, Glenn zaobserwował tysiące maleńkich, błyszczących kuleczek unoszących się na zewnątrz kapsuły. „Są tak rozjarzone, jakby były fluorescencyjne. Nigdy w życiu nie widziałem czegoś takiego… mijają kapsułę i wyglądają jak małe gwiazdy. Jakby nacierał na nas cały strumień roziskrzonych gwiazd. Wirują wokół kapsuły i przelatują za oknem, jaśniejąc oślepiającym blaskiem". Dla Glenna widok tych „świetlików", które zaczęły znikać po dotarciu do bardziej oświetlonego obszaru, był jednym z najbardziej poruszających doświadczeń podczas całego lotu. Ponieważ był człowiekiem głęboko wierzącym, ich anielska aura towarzyszyła mu jeszcze długo po ich zniknięciu.

Jak ustalili później naukowcy z NASA, błyszczące świetliki były w rzeczywistości zamarzniętymi, idealnie okrągłymi kropelkami jego własnego moczu, odprowadzanego na zewnątrz kapsuły. Łatwo się śmiać z chybionego patosu Glenna, ale nie zapominajmy, że w pierwszych latach istnienia amerykański program lotów kosmicznych – angażujący tysiące ludzi i pochłaniający znaczną część budżetu federalnego – brał udział w swego rodzaju zawodach w sikaniu na odległość ze Związkiem Radzieckim. Zresztą pełne zachwytu zdumienie

i humor wcale się wzajemnie nie wykluczają: świetliste drobiny z pewnością stanowiły cudowny widok, niezależnie od ich mało wyrafinowanego źródła. Co więcej, w porównaniu z chmurą wyprodukowanych przez człowieka kosmicznych śmieci dryfujących dziś na ziemskiej orbicie kryształki moczu mają w sobie coś czystego i niewinnego. Dlatego cuda obserwowane przez Glenna podczas jego krótkiego lotu dookoła Ziemi z prędkością dwudziestu ośmiu tysięcy kilometrów na godzinę (albo 7843 metrów na sekundę) ani trochę nie tracą przez to na swojej wartości.

Prędkość

Liczne zjawiska świetlne niezależnie, czy obserwowane na niskiej orbicie okołoziemskiej, czy na upstrzonej migoczącymi cętkami ścianie, wzbudzają głębokie zdumienie. Debata nad ich naturą często obciążona jest mistycznymi i religijnymi skojarzeniami, zwłaszcza w kulturze Zachodu – wystarczy spojrzeć choćby na pierwsze wersety Księgi Rodzaju. Ja jednak zacznę od suchego – aczkolwiek wciąż noszącego znamiona tajemnicy – faktu, a mianowicie od prędkości światła.

W przeciwieństwie do podmuchu wiatru czy pędu najszybszej strzały światło wydaje się docierać wszędzie z niemożliwą do odnotowania prędkością – jakby w trakcie jego podróży w ogóle nie mijał czas. Zdrowy rozsądek mógłby zatem podpowiadać, że jego prędkość jest **nieskończona**[35]. Od starożytności znalazło się na przestrzeni wieków kilku myślicieli, którzy kwestionowali ten pogląd, jednak najwcześniejsze źródła potwierdzające faktyczne próby obalenia tej koncepcji pochodzą dopiero z XVII wieku. Chcąc dokonać pomiaru prędkości światła, Galileusz użył latarni, którą ustawił w nocy na wzgórzu za miastem. Odsłaniał ją i zasłaniał, próbując zmierzyć czas od puszczenia sygnału do momentu, gdy został dostrzeżony z pewnej odległości od wzgórza. Jego eksperyment potwierdził tylko, że światło

musiało podróżować niezwykle szybko, natomiast skuteczną metodę pomiaru odkryto dzięki obserwacjom podjętym w zupełnie innym celu.

W 1610 roku Galileusz skierował swoją lunetę na Jowisza i dostrzegł cztery jasne, krążące wokół niego księżyce, które przypominały **lampiony na statku**[36] żeglującym podczas spokojnej nocy. Było to odkrycie wielkiej wagi: stanowiło niezbity dowód, że nie wszystkie ciała niebieskie krążą wokół Ziemi, tym samym podważając dotychczasowe nauki Kościoła. Ale na tym nie koniec, gdyż Galileusz znalazł dla nowo zdobytej wiedzy praktyczne zastosowanie. Jego zdaniem regularny ruch księżyców mógł posłużyć jako swego rodzaju niebiański zegar. Jak dowodził, obserwując zaćmienia księżyców Jowisza z każdego miejsca na kuli ziemskiej, nawigatorzy i kartografowie byli w stanie wyznaczyć względną długość geograficzną, na której się aktualnie znajdowali. Konieczne było porównanie czasu miejscowego w momencie obserwacji zaćmienia z czasem w miejscu o znanej długości geograficznej.

Jego pomysł wydawał się całkiem sensowny. Księżyce orbitujące wokół Jowisza, widoczne na nagraniu z 2016 roku, które zostało wykonane za pomocą sondy kosmicznej „Juno" w chwili, gdy ta zbliżała się do planety, rzeczywiście przywodzą na myśl ruch wskazówek niebiańskiego zegara. Niestety przekształcenie teorii w praktykę przekraczało możliwości siedemnastowiecznych technik pomiarowych. Jednak zaledwie kilka dekad później duński astronom Ole Rømer, prowadząc badania w paryskim obserwatorium, zgromadził dość obszerny materiał zawierający dane dotyczące ruchów Io, najbardziej wewnętrznego księżyca Jowisza, i dostrzegł pewną nieprawidłowość. Kiedy Ziemia znajdowała się najbliżej Jowisza, zaćmienia Io (okrążającego planetę w ciągu czterdziestu dwóch godzin i trzydziestu minut) następowały mniej więcej jedenaście minut wcześniej niż prognozowano. Rømer zdawał sobie sprawę, że ilość czasu, której potrzebował Io do pełnego okrążenia, nie mogła mieć nic wspólnego ze względnymi pozycjami Ziemi i Jowisza. Doszedł do wniosku, że ta

różnica czasu wynikała ze skończonej prędkości, z którą poruszało się światło: gdy obie planety znajdowały się po przeciwnych stronach Słońca, światło potrzebowało dwadzieścia dwie minuty więcej, by dotrzeć z Jowisza na Ziemię, niż gdy znajdowały się po tej samej stronie. Wyznaczenie prędkości światła sprowadzało się zatem do bardzo prostego działania: wystarczyło podzielić przekątną ziemskiej orbity dokładnie przez tę różnicę.

Rømer tak właśnie zrobił i w 1676 roku dokonał pomiaru: wyszło mu mniej więcej dwieście dziesięć tysięcy kilometrów na sekundę. Dziś wiemy, że nie doszacował tej wartości (w rzeczywistości wynosi niemal trzysta tysięcy kilometrów na sekundę), ponieważ popełnił błąd przy wyznaczeniu maksymalnej wartości opóźnienia pomiędzy zaćmieniami Io, a do tego nie znał dokładnego rozmiaru średnicy ziemskiej orbity. Mimo to podjęta próba zrobiła oszałamiające wrażenie, gdyż stanowiła namacalny dowód nie tylko na to, że prędkość światła jest skończona (choć niewiarygodnie duża), lecz również, że można ją zmierzyć eksperymentalnie.

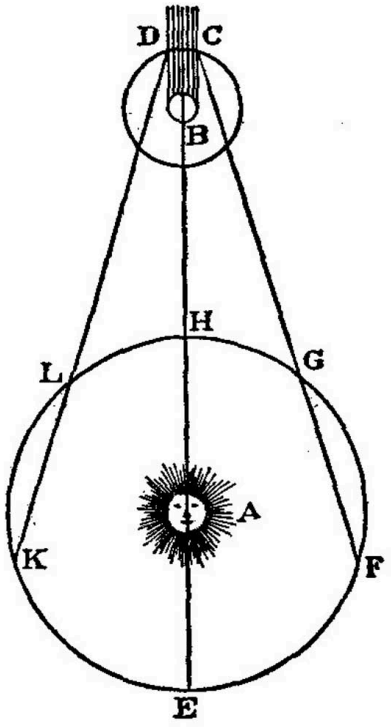


Fig. 70.

Schemat Rømera: światło odbite od powierzchni Io w chwili, gdy satelita wchodzi w cień Jowisza (B) w punkcie C i wychodzi w punkcie D, dociera do Ziemi szybciej, kiedy ta jest w punkcie G lub L na swojej orbicie wokół Słońca (A), niż gdy znajduje się w punkcie F lub K.

Prędkość światła do dziś pozostaje wielkością, którą trudno sobie wyobrazić. W eseju z 1982 roku Annie Dillard opisuje zaćmienie Słońca, które obserwowała na wzgórzu wraz z grupą przyjaciół. Dosłownie na sekundę przed zniknięciem Słońca ujrzeli pędzącą w ich stronę ścianę cienia. Z zawrotną prędkością przetoczyła się przez dolinę, runęła na wzgórze i zwaliła ich z nóg. Jak się później okazało, ten „monstrualnych rozmiarów, rozpędzony do granic możliwości cień Księżyca" – bo o nim mowa – poruszał się z prędkością 2900 kilometrów na godzinę. Wspominając tamto zdarzenie, Dillard dochodzi do wniosku, że żadne słowa nie są w stanie opisać tej szybkości. A jednak to niesamowite tempo – niemal dwa i pół raza szybsze od prędkości dźwięku w powietrzu – jest około miliona razy wolniejsze od prędkości światła.

Wyobraźmy sobie sprintera w blokach startowych przed biegiem na sto metrów. Reakcja na strzał z pistoletu startowego może zająć mu nawet jedną siódmą sekundy. W tym czasie huk byłby już w pół drogi do mety, podczas gdy towarzyszący mu błysk zdążyłby w tym czasie pokonać około stu tysięcy kilometrów, czyli dystans odpowiadający dwóm i pół okrążeniom Ziemi. Jeśli podobnie jak inny rodzaj dziwnych cząsteczek, o których jeszcze będzie mowa, fotony byłyby w stanie wniknąć do wnętrza planety i przebić się bezpośrednio na drugą stronę, ani na moment nie zwalniając, zajęłoby im to cztery setne sekundy – w tym czasie koliber ledwie zdążyłby dwa razy załopotać skrzydłami.

Czym jest światło?

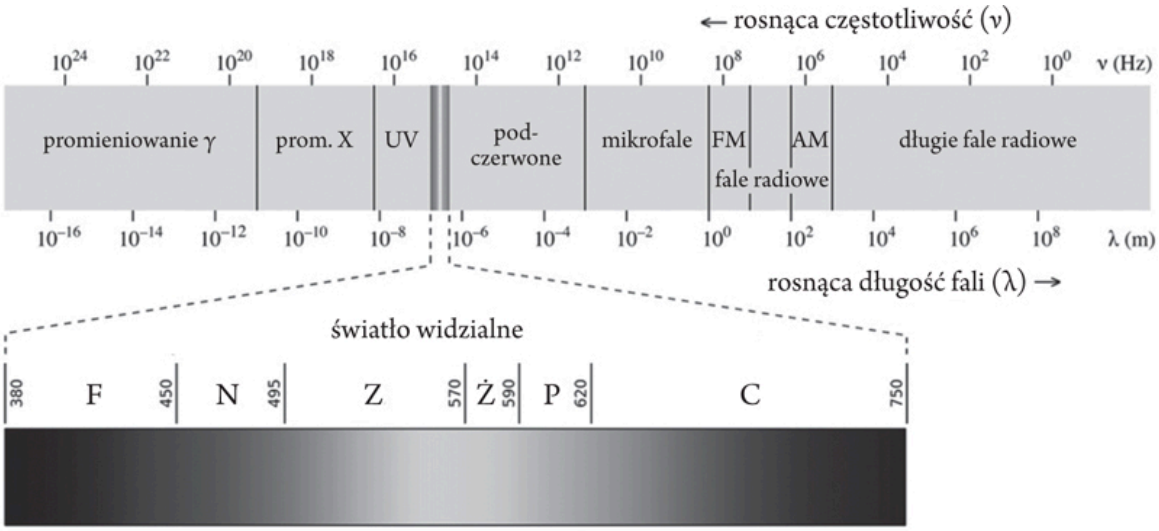
Naturę światła da się opisać w kilku słowach. Sęk w tym, że większość z nich, włącznie z kryjącymi się za nimi koncepcjami, ma niewiele wspólnego z naszą codziennością i wykracza daleko poza granice rozumienia przeciętnego śmiertelnika. Można na przykład powiedzieć, że światło widzialne to niewielka część widma promieniowania elektromagnetycznego, a co za tym idzie, należąca do kategorii fal poprzecznych fala elektromagnetyczna, która rozchodzi się w próżni. Można również stwierdzić, że światło składa się z cząsteczek zwanych **fotonami**[37], z których każdy stanowi najmniejszą ilość energii, którą da się przetransportować. Fotony będące nośnikami oddziaływań elektromagnetycznych uznaje się (obok grawitacji oraz **oddziaływania słabego i silnego**[38]) za jedną z czterech podstawowych sił we wszechświecie.

Jeśli powyższe definicje niewiele nam mówią, dalej wcale nie będzie lepiej. Fotony (cząsteczki światła) nie mają ani masy, ani ładunku elektrycznego, jednak przy każdej interakcji pomiędzy naładowanymi cząsteczkami takimi jak protony i elektrony są między nimi wymieniane. Nigdy się nie zatrzymują, mogą jedynie ulegać

transformacji. I z przyczyn, których jeszcze nie do końca rozumiemy, poruszają się z największą prędkością w całym wszechświecie.

Kiedy słyszymy, że światło składa się z cząsteczek, pierwsze nasuwające się logiczne pytanie brzmi: jaki mają rozmiar? Niestety nie istnieje na nie jedna dobra odpowiedź, a to dlatego, że definiując fotony jako cząsteczki, mamy rację tylko do pewnego stopnia. W fizyce nie zawsze sprawdzają się zdroworozsądkowe założenia oparte na naszym postrzeganiu świata. Prawdę powiedziawszy, wiele rzeczy widocznych gołym okiem również wymyka się zdrowemu rozsądkowi. Idealnym przykładem może być choćby Księżyc, który, mimo iż tworzą go lite skały, a jego waga przekracza siedemdziesiąt trzy miliardy miliardów ton, nie sprawia wrażenia, jakby zaraz miał spaść z nieba. Albo upór, z jakim w brytyjskich toaletach publicznych montuje się dwa osobne krany do ciepłej i do zimnej wody. Fotony w przeciwieństwie do wszystkiego, co bez trudu jesteśmy sobie w stanie wyobrazić, czasami zachowują się jak cząsteczki, a czasami jak fale.

Jednak niektórzy fizycy, jeśli przyciśniemy ich do muru, powiedzą nam (być może zwyczajnie po to, żeby się nas pozbyć), że jednym ze sposobów rozumienia rozmiaru fotonu jest rozpatrywanie go w kategoriach długości jego fali, co nadal niewiele nam rozjaśnia. Dla światła widzialnego mieści się w przedziale od około 400 nanometrów (w skrócie nm) dla fioletu do 700 nanometrów dla czerwieni. Nanometr to jedna miliardowa metra, więc wielkość tego rzędu również trudno ogarnąć umysłem. Mimo to spróbujmy. Wyobraźmy sobie ostatni staw naszego najmniejszego palca u ręki powiększony do rozmiarów pokoju w typowym mieszkaniu. Każda z około miliarda znajdujących się w nim komórek miałaby wówczas rozmiar ziarnka ryżu. Długość fali barwy zielonej znajdującej się pośrodku spektrum wynosi 550 nanometrów, czyli mniej więcej jedną dwudziestą długości każdego ziarenka.


← rosnąca częstotliwość (ν)
10^24 10^22 10^20 10^18 10^16 10^14 10^12 10^10 10^8 10^6 10^4 10^2 10^0 ν (Hz)
promieniowanie γ
prom. X
UV
pod-czerwone
mikrofale
FM
AM
fale radiowe
długie fale radiowe
10^-16 10^-14 10^-12 10^-10 10^-8 10^-6 10^-4 10^-2 10^0 10^2 10^4 10^6 10^8 λ (m)
rosnąca długość fali (λ) →
światło widzialne
380 F 450 N 495 Z 570 Ż 590 P 620 C 750

Światło widzialne jako wycinek widma fal elektromagnetycznych

Jednak należy pamiętać, że długość fal elektromagnetycznych wykracza poza zakres spektrum światła widzialnego, tak więc fotony mogą być zarówno znacznie mniejsze, jak i znacznie większe. Na przykład fotony gamma mierzone są w pikometrach, czyli bilionowych częściach metra, co czyni je około tysiąca razy mniejszymi od atomów. (By jakoś zwizualizować sobie te gabaryty, wyobraźmy sobie, że ziarenko soli składa się z miliarda miliardów atomów, tj. 10^{18} – ich liczba jest około dziesięciu milionów razy większa niż liczba gwiazd w Drodze Mlecznej). Z kolei mikrofale wykorzystywane do podgrzewania jedzenia wielkością zbliżają się do rozmiarów grejpfruta (przy okazji ważna rzecz: grejpfrutów nie wkładamy do mikrofalówki), natomiast długość fal radiowych mieści się w przedziale od kilku metrów do wielu kilometrów.

Światło i wzrok

Światło samo w sobie wydaje się prawdziwym cudem. Podobnie jak fakt, że je widzimy. Fotony w zakresie światła widzialnego są jedynymi cząstkami elementarnymi, które nasi przodkowie, na drodze ewolucji,

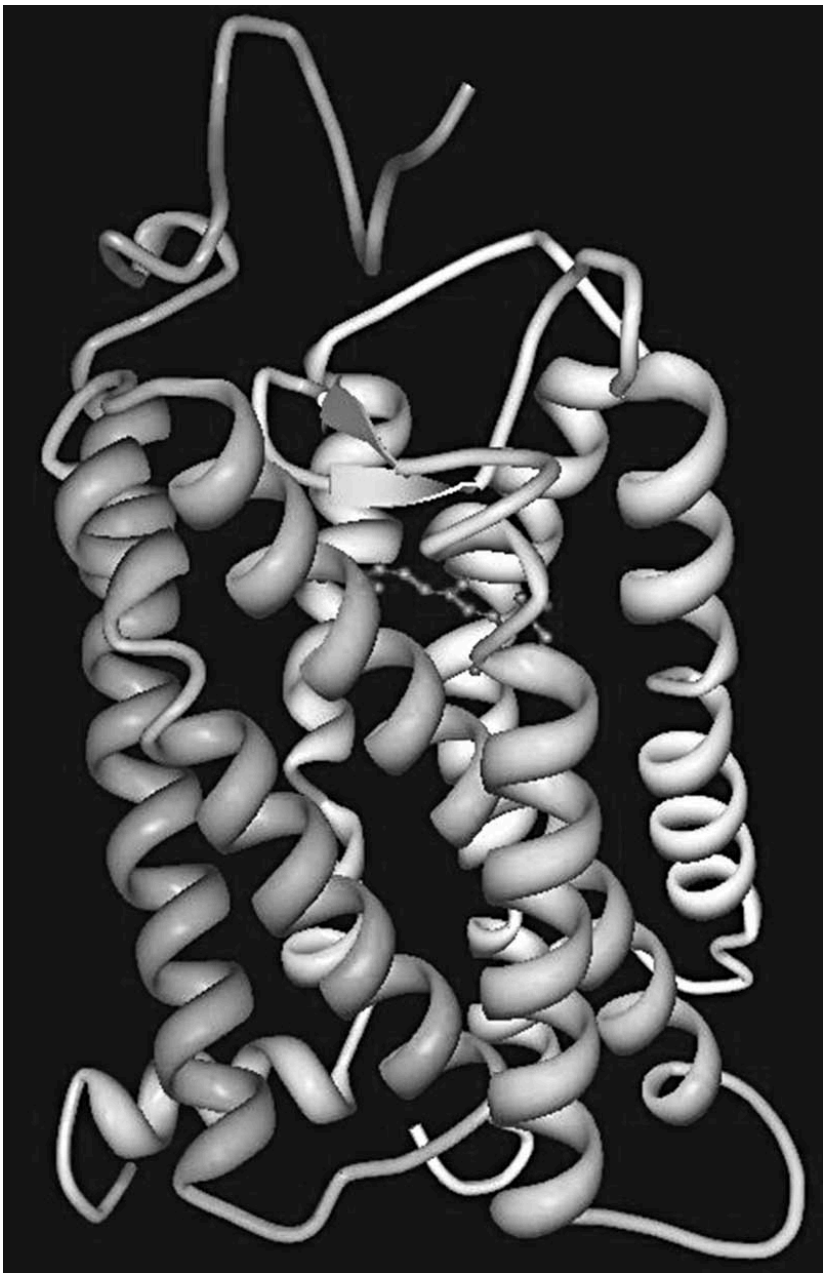
nauczyli się odbierać bezpośrednio. Powód, dla którego widzimy światło akurat w takim, a nie innym przedziale długości fal – fal tworzących wszystkie kolory i odcienie na naszej planecie – jest ściśle powiązany z faktem, iż większość światła słonecznego, które dociera na Ziemię (oraz przenika przez wodę), występuje właśnie w tych częstotliwościach. Gdybyśmy byli w stanie zobaczyć fale elektromagnetyczne z innego fragmentu widma, świat wyglądałby zupełnie inaczej. Za sprawą samych tylko promieni gamma Księżyc byłby jaśniejszy w naszym odczuciu niż Słońce. Z kolei dzięki promieniom X nasza skóra byłaby zupełnie przezroczysta i wszyscy paradowalibyśmy niczym kościotrupy podczas meksykańskiego Dnia Zmarłych.

Mechanizm widzenia jest niewiarygodnie skomplikowany, a do tego tylko częściowo wyjaśniony. Ludzki mózg, będący prawdopodobnie najbardziej złożonym obiektem w całym wszechświecie, przeznacza całkiem spory procent swoich obwodów na przetwarzanie informacji świetlnej, która dociera do oka. Jednak pewne podstawowe zasady działania ludzkiego wzroku można przedstawić w kilku akapitach.

Światło przechodzące przez źrenicę oraz soczewkę pada na siatkówkę wyścielaną światłoczułymi komórkami noszącymi nazwy pręcików i czopków, które są ciasno ułożone obok siebie, jak kredki w pudełku, i końcami (nieco spłaszczonymi w przypadku pręcików i lekko spiczastymi w przypadku czopków) skierowane ku światłu. Na siatkówce znajduje się około stu dwudziestu milionów pręcików i od sześciu do siedmiu milionów czopków. Pręciki, wrażliwe na intensywność światła, mieszczą się głównie na obrzeżach siatkówki, natomiast czopki, odpowiedzialne za widzenie barw, zajmują jej środkowy obszar.

Każdy pręcik zawiera około miliarda cząsteczek rodopsyny – światłoczułego białka – pokrywających przezroczyste płytki skierowane w stronę światła. Odbiór pojedynczego fotonu wystarczy, by odkształcić chromofor, centralny fragment tych niezwykłych cząsteczek, co z kolei

pociąga za sobą lawinę reakcji zachodzących przy współudziale molekuł pośredniczących, które wzmacniają pierwotny sygnał setki czy nawet tysiące razy. Do niedawna uważano, że potrzeba co najmniej siedmiu fotonów docierających do oka w tym samym momencie, żeby sygnał był dość silny i pręcik mógł przekazać do mózgu informację o obecności światła. Jednak jak wykazały ostatnie eksperymenty, niektórym wystarczy pojedynczy foton. Badani opisywali to doświadczenie jako coś „niemal namacalnego, odczucie balansujące na granicy wyobraźni". W każdym razie nasze oczy potrafią być niewiarygodnie wrażliwe na bodźce i kiedy już się dostroją, mogą nam służyć za przewodnika nawet w świetle gwiazd. Nasz system wzrokowy jest jednak na tyle solidny, że potrafimy wyraźnie odróżniać od siebie rozmaite obiekty w ponad dziesięć miliardów razy jaśniejszym świetle dnia.



Rodopsyna

Pośrodku siatkówki znajduje się dołek – małe, stożkowate zagłębienie o szerokości ziarenka maku – zajmujący zaledwie jeden procent jej całkowitej powierzchni. Pokrywają go czopki, które są cieńsze niż pręciki (mają średnicę jednego mikrometra, jednej milionowej metra, podczas gdy w przypadku pręcików ten sam wymiar wynosi pięć mikrometrów), a do tego znacznie gęściej rozmieszczone. Dzięki temu

uzyskują dużo wyższą rozdzielczość przestrzenną. Mniej więcej połowa informacji docierających z oka do mózgu pochodzi właśnie stąd. To za sprawą dołka przy dobrym świetle widzimy wyraźnie najdrobniejsze szczegóły przedmiotu, który znajduje się bezpośrednio przed nami. Jednak nawet w przypadku zdrowych oczu u młodego człowieka obszar idealnej ostrości ogranicza się do zaledwie dwóch stopni z całego naszego pola widzenia (czyli wynosi mniej więcej tyle, ile szerokość kciuka w pozycji pionowej, wyciągniętego przed siebie na długość wyprostowanego ramienia). I dopiero mózg **scala w jeden obraz**[39] strumień wąskich migawek rejestrowanych przez dołek wiele razy na sekundę.

Współczesną teorię barw zapoczątkował fizyk Thomas Young, gdy w 1802 roku na podstawie obserwacji doszedł do wniosku, że za wszystkie barwne wrażenia wzrokowe odpowiadają trzy kolory – czerwony, żółty i niebieski – w różnych kombinacjach. Istotą swojej hipotezy uczynił **założenie**[40], że wewnątrz oka istnieją trzy rodzaje włókien nerwowych wrażliwych na trzy wyróżnione przez niego barwy. W XX wieku owe włókna zostały zidentyfikowane jako czopki ulokowane na siatkówce, które rzeczywiście występują w trzech rodzajach, a każdy z nich zawiera jeden z trzech różnych rodzajów opsyn (światłoczułych białek) absorbujących fale świetlne o różnych częstotliwościach. Pierwszy rodzaj pochłania przede wszystkim te najdłuższe fale, które widzimy jako czerwień, drugi osiąga tzw. pik czułości spektralnej pośrodku widma, czyli w rejonie zieleni, natomiast trzeci absorbuje fale najkrótsze, odbierane przez ludzkie oko jako barwę niebieską. Pięćdziesiąt lat po ogłoszeniu przez Younga teorii barwnego widzenia fizycy Hermann von Helmholtz i James Clerk Maxwell udoskonalili koncepcję swojego kolegi po fachu. Efektem ich pracy było wykorzystanie teorii, która współcześnie nosi miano trójchromatycznej, do stworzenia pierwszej kolorowej fotografii. Prawie każdy kolorowy obraz, który dziś widzimy, jest spadkobiercą zastosowanej przez niego techniki.

Czopki potrzebują o wiele większej ilości światła niż pręciki, dlatego przy słabym oświetleniu dużo gorzej rozróżniamy kolory. Co więcej, widzenie poszczególnych barw zależy od ilości stymulowanych czopków danego rodzaju oraz od intensywności owej stymulacji. I tak na przykład kolor żółty widzimy wtedy, gdy czopki wrażliwe na czerwone rejony widma są pobudzane odrobinę mocniej niż te wyczulone na odcienie koloru niebieskiego. Większość ludzi, co być może zaobserwowaliście na własnej skórze, jest w stanie zarejestrować o wiele więcej odcieni koloru zielonego niż jakiejkolwiek innej barwy, nie mówiąc o tym, że w gasnącym świetle zieleń pozostaje najdłużej widocznym kolorem. Dzieje się tak, ponieważ ludzkie oko jest wyjątkowo wyczulone na promieniowanie wywołujące wrażenie zieleni, którego fale o długości około 555 nanometrów pobudzają dwa z trzech rodzajów czopków – receptory wrażliwe na fale długie i średnie.

Artysta Ben Conrad w hełmie i kostiumie składającym się ze stu trzydziestu pięciu aparatów otworkowych (1994 rok). W przeciwieństwie do aparatu otworkowego (znanego także jako camera obscura), który zachowuje tę samą głębię ostrości na wszystkich planach, ludzkie oko w danym momencie łapie ostrość jedynie na niewielkim fragmencie – maleńkim wycinku rzeczywistości.

Trudno powiedzieć, dlaczego niektóre kombinacje różnej długości fal dają konkretne wrażenia barwne. Filozof Alva Noë skupia się na żółci. Kolor żółty, zauważa myśliciel, można uzyskać, mieszając czerwień i zieleń, podobnie jak w przypadku fioletu, który powstaje z połączenia barwy czerwonej i niebieskiej. Jednak żółty nie jest ani czerwonawą zielenią, ani zielonkawą czerwienią, w przeciwieństwie do fioletu przypominającego czerwonawy błękit. Naprawdę coś takiego jak

czerwonawa zieleń nie istnieje. Ponadto, kontynuuje Noë, „w żółtym nie widzimy ani czerwonego, ani zielonego, tak jak w fioletowym dostrzegamy niebieski i czerwony. Zatem żółć, podobnie jak błękit i czerwień, ma charakter unarny, a nie binarny, tak jak ma to miejsce w przypadku fioletu". Z kolei Michael Graziano, psycholog i neurobiolog, stwierdza, że nasz odbiór bieli to zjawisko prawdziwie zagadkowe. Jego zdaniem biały powinien być „najbrudniejszym, najbardziej zanieczyszczonym kolorem świata", gdyż stanowi mieszaninę fal wszystkich długości z zakresu widzialnego spektrum. Jednak w mózgu tworzy się „obraz bieli – efekt wysokiej wartości jasności połączonej z niską wartością koloru, luminancja w czystej postaci – który z fizycznego punktu widzenia powinien być niemożliwy".

„Promienie światła [same w sobie] nie posiadają koloru – pisał Isaac Newton w 1704 roku – [i] nie zawierają w sobie nic prócz swoistej Zdolności wywoływania Wrażenia takiej lub innej Barwy". I choć od tego stwierdzenia minęło już ponad trzysta lat, koncepcja Newtona wciąż często funkcjonuje w charakterze ogólnie przyjętej zasady: kolor często definiuje się raczej jako sposób interpretowania informacji przez mózg niż jako manifestację jakiejś obiektywnie istniejącej rzeczywistości. Za sprawą barwy możemy się dowiedzieć na przykład czegoś o ruchu: w wirującym czarno-białym kole pojawia się tęcza. Albo o głębi: w jasnym świetle dnia odległe wzgórza zazwyczaj przybierają barwę niebieską, ponieważ – podobnie jak w chwili, gdy zadzieramy głowy i spoglądamy w niebo – ogrom powietrza wypełniający przestrzeń pomiędzy nami a nimi **rozprasza niebieskie światło**[41] w większym stopniu niż dłuższe fale. „Kolory – pisze filozofka Mazviita Chirimuuta – nie stanowią właściwości umysłu, przedmiotu czy też światła, są raczej atrybutem procesów poznawczych polegających na interakcji pomiędzy wszystkimi trzema czynnikami". Barwa, zgodnie ze sformułowaną przez filozofkę koncepcją „kolorystycznego adwerbializmu", to nie cecha przedmiotu, lecz sposób, w który bodźce

są odbierane przez poszczególne jednostki lub całe kultury. „Zamiast traktować słowa opisujące kolory jako przymiotniki, powinniśmy postrzegać je w kategoriach przysłówków. Jem pospiesznie, chodzę niezgrabnie, a w pogodny dzień widzę niebo niebiesko!”

Jeśli mechanizm odpowiedzialny za widzenie barwne u człowieka wydaje nam się nieco prowizoryczny, to jest w tym sporo prawdy. Jednak trzeba przyznać, że to całkiem solidna prowizorka. Istnieje wiele teorii, ile kolorów jesteśmy w stanie rozróżnić: według jednych są to dziesiątki tysięcy, według innych miliony. W rzeczywistości ludzkie oko rejestruje zaledwie około stu pięćdziesięciu odcieni, ale nasz system wzrokowy posiłkuje się jeszcze co najmniej dwoma czynnikami, by stworzyć wrażenie, które nazywamy kolorem. Mowa o jasności – ilości światła emitowanego lub odbijanego przez dany obiekt – oraz saturacji, czyli intensywności barwy: im mniejsze nasycenie, tym barwa wydaje się bardziej przytłumiona, im większe, tym kolor żywszy. Połączenie koloru, jasności i saturacji w różnych proporcjach daje olbrzymi zakres barw, jaki doświadczamy. W grę wchodzą również inne czynniki, takie jak choćby kontekst, który także ma wpływ na naszą percepcję kolorów. Weźmy na przykład złudzenie optyczne znane jako szachownica Adelsona. Widniejące na ilustracji kwadraty mają identyczny odcień, a mimo to wydają się od siebie różnić. Dzieje się tak dlatego, że nasz mózg odbiera jeden z nich jako obiekt znajdujący się w cieniu.

Jak nasze widzenie barwne przedstawia się w porównaniu z innymi zwierzętami? Pod pewnymi względami jesteśmy w tej kwestii bardziej ograniczeni niż na przykład ptaki czy pszczoły, które widzą promienie ultrafioletowe, jednak radzimy sobie znacznie lepiej niż krewetki modliszkowe, dziwaczne i tajemnicze skorupiaki, które zyskały sławę za sprawą ponad dwunastu rodzajów światłoczułych opsyn znajdujących się w czopkach na siatkówce (dla porównania: u człowieka występują tylko trzy rodzaje). W zamierzchłej przeszłości, czyli w odległym roku 2013, naukowcy zakładali, że dzięki tak szerokiemu wachlarzowi opsyn zwierzęta posiadły wybitną umiejętność rozróżniania kolorów. Nic

bardziej mylnego. Jak się okazuje, krewetki modliszkowe są głęboko ułomne w tej materii. Jednakże na drodze adaptacji rozwinęły zdolność widzenia światła spolaryzowanego liniowo, kołowo i eliptycznie, co sprawia zapewne, że ruch wody czy promienie odbite od ciała ich ofiary odkrywają przed nimi świat, o którym nam się nie śniło.

Zaplatanie i rozplatanie tęczy

Całkiem przyjemnym (i wcale nie aż tak zwodniczym, jakby się mogło wydawać) doświadczeniem może być wyobrażenie sobie światła słonecznego jako **kropel deszczu**[42] spadających na Ziemię, tyle tylko, że musiałyby to być niewiarygodnie małe, niewiarygodnie szybkie i niewiarygodnie liczne krople. W ciągu jednej sekundy w naszą planetę uderza 10^{45} słonecznych fotonów, co oznacza, że w jasny, pogodny dzień na każdym centymetrze kwadratowym ląduje sto tysięcy bilionów.

Słoneczne plamy na kuchennym suficie wystarczyły, by wzbudzić we mnie zachwyt. Zresztą nie tylko we mnie, gdyż podobne obrazy często stają się inspiracją dla sławnych, ponadczasowych dzieł sztuki. Na przykład malarz Edward Hopper twierdził, że najbardziej lubi malować promienie słońca padające na ściany budynków. Jednak większość z nas zazwyczaj potrzebuje czegoś nieco bardziej spektakularnego lub niezwykłego, by uznać to za godny zachwytu cud. Jedno z takich zjawisk powstaje, kiedy deszcz fotonów i deszcz kropel wchodzą w interakcję, tworząc tęczę.

Właściwie każda kultura ma w swoim repertuarze mityczną opowieść w ten czy inny sposób nawiązującą do tęczy. Wielu australijskich Aborygenów czci Tęczowego Węża, ogromną bestię zamieszkującą najgłębsze studnie artezyjskie. Ów wąż będący potomkiem jeszcze potężniejszej istoty widocznej w nocy jako ciemna smuga na Drodze Mlecznej, ukazuje swoje oblicze na tafli wody

i w deszczu. Nadaje kształt ziemskim krajobrazom, a jego pieśń powołuje do życia kolejne miejsca na naszym globie. Potrafi być zarówno łagodny, jak i okrutny. Czasami połyka i topi ludzi albo sprowadza na nich słabość, chorobę i śmierć. Ale bywa też dobroduszny i wówczas obdarza ich mocą sprowadzania deszczu lub uzdrawiania.

Według aborygeńskich wierzeń każdy człowiek ma swój dom w niewidzialnej krainie, z którego razem z początkiem życia jego duch zstępuje. Innymi słowy, jak to ujął jeden mędrzec: „wszyscy pochodzimy od Tęczy". U kresu życia każdy ludzki duch musi przejść rytuał, podczas którego zostaje zwrócony swojej pogrążonej w ciemnościach podziemnej krainie. Zgodnie z tą kosmologią tęcza nie jest łukiem, lecz pełnym okręgiem, ukrytym na poły pod powierzchnią globu, łączącym w ten sposób życiodajną siłę ziemi i nieba. Ruch wody w świecie materialnym umożliwia nie tylko reprodukcję bytów organicznych, ale i duchową wędrówkę ludzi z mrocznych otchłani niewidzialnej krainy we wnętrzu kuli ziemskiej do światła, w którym ożywają przyobleczone w materialną postać, i z powrotem – geograf Yi-Fu Tuan nazywa to cyklem hydroteologicznym.

Różnorodność legend o tęczy w innych kulturach jest doprawdy ogromna. W starożytnych Chinach wierzono, że kiedy na niebie pojawiła się rysa, bogini Nüwa załatała ją kamieniami w pięciu różnych kolorach. Mieszkańcy Grenlandii uznawali tęczę za skraj boskiej szaty, Walijczycy za tron bogini, a Ormianie za pas boga-Słońca. Członkowie Czarnych Stóp, indiańskiego plemienia Ameryki Północnej, nazywali ją Kapeluszem Deszczu albo Wędką Starca. Według jednego z germańskich mitów w chwili stworzenia świata tęcza posłużyła jako misa wypełniona kolorami, które nadano ptakom. Węgierskie słowo *szivárvány* oznaczające tęczę pochodzi od czasownika „ciągnąć wodę". Jak głoszą tamtejsze podania, dwa końce tęczy wysysają wodę z oceanów.

W kulturze antycznej basenu Morza Śródziemnego tęcza była postrzegana jako łącznik pomiędzy krainą bogów i ludzi. Zarówno

Grecy, jak i Rzymianie wierzyli, że bogini Iris, odgrywająca rolę posłanki, rozpinała tęczowy łuk pomiędzy niebem a ziemią. (Iris była córką Taumasa, morskiego bóstwa, którego imię pochodzi od greckiego słowa *thaúmas* oznaczającego cud; ten sam źródłosłów ma także angielski termin *thaumaturgy*, taumaturgia, czyli moc czynienia cudów przez maga lub świętego). W mitologii nordyckiej tęcza również funkcjonuje jako most łączący siedzibę bogów ze światem ludzi, tj. Asgard z Midgardem. Na terenie Europy oraz południowej i zachodniej Azji kojarzona jest także z łukiem. U Finów i Lapończyków to łuk boga piorunów, zręcznego łucznika strzelającego błyskawicami. W języku hindi słowo tęcza to *Indradhanush*, czyli łuk Indry. Z kolei w arabskim *Qaws Quzah* oznacza łuk wojenny przedislamskiego boga Quzaha.

W niektórych kulturach tęcza była postrzegana negatywnie. Członkowie ludu zamieszkującego indonezyjską wyspę Nias, znaną z budowli megalitycznych, bali się jej, wierząc, że to ogromna sieć zarzucona przez potężne bóstwo, by schwytać ich dusze. Natomiast wśród wielu rdzennych plemion Amazonii panowało przekonanie o szkodliwym działaniu tęczy. W starożytnych Peruwiańczykach budziła taki lęk, że aby się przed nią chronić, nieruchomieli i w milczeniu czekali, aż zniknie.

Jednak w świadomości współczesnych mieszkańców Europy – ukształtowanej w dużej mierze przez **Biblię**[43], w której tęcza przedstawiana jest jako znak przymierza Boga z ludźmi – ma zdecydowanie pozytywne konotacje. Przez setki lat ruchy polityczne i społeczne przyjmowały siedmiobarwny łuk jako symbol nadziei i solidarności. Flagi w kolorach tęczy używali niemieccy chłopi podczas wojny chłopskiej w XVI wieku (jednego z największych powstań w Europie przed rewolucją francuską, zakończonego przegraną chłopów i rzezią). W XX wieku na terenie Europy powiewały tęczowe sztandary ruchów wspólnotowych i pokojowych. Tęcza pojawiła się także na fladze leżącego na dalekiej Syberii Żydowskiego Obwodu Autonomicznego ze stolicą w Birobidżanie oraz na Wiphali, symbolu

używanym w charakterze flagi, który uosabia rdzennych mieszkańców centralnych Andów. Pod koniec lat siedemdziesiątych zaczęła być kojarzona z ruchem LGBT.

Nigdy nie dojdziemy do tego, kto po raz pierwszy wysunął stwierdzenie, że tęcza to zjawisko domeny przyrody nieożywionej, które nie niesie ze sobą żadnego inherentnego znaczenia, jednak, jak podają źródła, pierwsze naukowe wyjaśnienie pochodzi z IV wieku p.n.e. W traktacie *Meteorologica*, zawierającym teorie na temat trzęsień ziemi oraz innych zjawisk atmosferycznych, Arystoteles definiuje tęczę jako odbicie lub echo. Światło, które zdaniem filozofa porusza się w linii prostej, odbija się od chmury deszczowej w sposób kolisty, co tworzy w ludzkim oku wrażenie łuku. Kolory – u Arystotelesa zaledwie trzy: czerwony, zielony i fioletowy – powstają w wyniku załamywania się światła pod różnymi kątami.

Arystoteles miał do pewnego stopnia rację, jednak w jego wyjaśnieniu są pewne braki. Tęcza rzeczywiście jest odbiciem światła słonecznego – które odbija się na podobnej zasadzie co dźwięk – ale dochodzi tu także do jego załamania: po raz pierwszy, gdy wnika w kroplę wody, i po raz drugi, gdy ją opuszcza, odbite od jej wnętrza. I choć grecki filozof wiedział, że światło załamane w pryzmacie lub kropli rozszczepia się na różne kolory, nie wykorzystał tej wiedzy, próbując wyjaśnić zjawisko tęczy. Wedle jego teorii w tym akurat przypadku promienie odbijały się od całej chmury. Jego koncepcja zarówno w Europie, jak i w świecie islamskim nie była kwestionowana przez kolejnych tysiąc sześćset lat. Jedynie w chińskich źródłach – a ściślej rzecz ujmując, w dziele *Mèng Xī Bǐ Tán* autorstwa chińskiego polityka i wielkiego uczonego Shena Kuo, opublikowanym w 1088 roku n.e. – możemy znaleźć teorię o tym, że tęcza powstaje na skutek załamania światła w pojedynczych kroplach deszczu. Nowe pomysły zaczęły pojawiać się na Zachodzie mniej więcej dwieście lat później. W 1266 roku angielski mnich Roger Bacon obliczył, że wysokość pierwotnego łuku tęczy nigdy nie przekracza 42° nad horyzontem. Kilka dekad później, około 1300 roku, zupełnie niezależnie

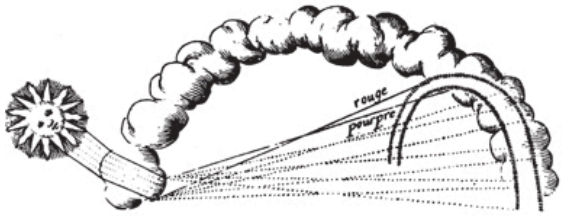
od siebie perski uczony Kamāl al-Dīn al-Fārisī oraz niemiecki dominikanin Teodoryk z Fryburga rozpoczęli badania, które do tej pory stanowią podstawę nowożytnego wyjaśnienia zjawiska tęczy. Obydwaj, mimo że nie mieli ze sobą żadnego kontaktu, wykazali, iż może ją wywołać już zbiór pojedynczych kropel, a nie, jak utrzymywał Arystoteles, cała chmura czy mgła działająca na zasadzie lustra.

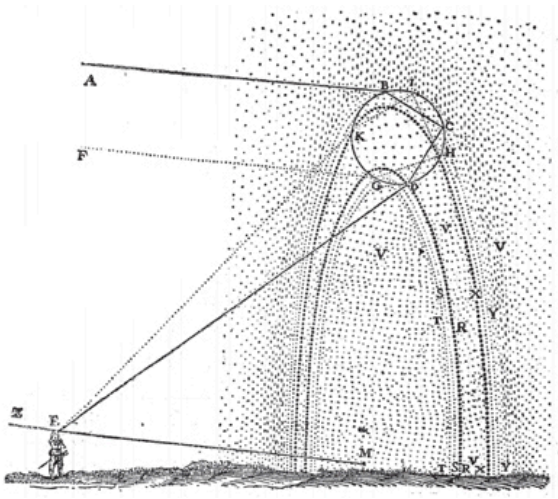
Obaj uczeni wyciągnęli wnioski na podstawie przeprowadzonych przez siebie eksperymentów i pomiarów. Al-Fārisī umieścił kuliste naczynie wypełnione wodą – stworzony przez siebie model **kropli deszczu**[44] w powiększonej skali – we wnętrzu camery obscury, a następnie wpuścił do środka światło. Przypatrując się powstałemu zjawisku optycznemu, wydedukował, że barwne pasma tworzą się w wyniku dekompozycji białego światła. Teodoryk użył w tym celu szklanych kul i wspomagał się obserwacją przyrody. „Na rozpiętych szeroko pajęczych sieciach pokrytych licznymi kroplami rosy – pisał uczony – przyjąwszy pozycję dogodną zarówno względem słońca, jak i własnego oka, można dostrzec [...] kolor żółty, który widać wyraźnie pomiędzy innymi barwami [...], podobnie jak ma to miejsce w przypadku tęczy". Gdy już dokładnie obejrzał pajęczyny, przeniósł swoje obserwacje na poziom ziemi: w kroplach rosy lśniących na źdźbłach trawy zachodziło dokładnie to samo zjawisko. Gdy nieznacznie poruszył głową, zmienił kąt widzenia, dzięki czemu jego oczom ukazały się wszystkie kolory tęczy we właściwej konfiguracji. Obaj badacze odkryli również, że tęczę wtórną, która pojawia się czasami na zewnątrz tęczy głównej i jest od niej nieco bledsza, tworzą promienie słońca, odbijając się powtórnie wewnątrz kropel, co z kolei daje efekt odwróconej kolejności kolorów.

Przez kolejne trzy stulecia poczyniono w tej materii niewielkie postępy i dopiero w latach dwudziestych XVII wieku Kartezjusz w swoich badaniach wykorzystał **prawo załamania światła**[45], dzięki któremu ustalił, że kąt widzenia tęczy wynosi 41°30'. Kilkadziesiąt lat później Isaac Newton doprecyzował te obliczenia. Odkrył, że tęcza

pierwotna pojawia się zawsze w przedziale od 40°17’ do 42°2’, zaś wtórna tworzy łuk o kącie widzenia pomiędzy 50°57’ a 54°7’. Wykazał także, że przy odpowiednich warunkach za plecami obserwatora może powstać trzeci barwny łuk wokół słońca. Jednak z powodu dużej intensywności światła słonecznego nie da się go zobaczyć gołym okiem.

W XIX wieku tęcza nie kryła już w sobie aż tylu tajemnic. Eksperyment przeprowadzony przez Thomasa Younga w 1803 roku wykazał, że światło zachowuje się podobnie jak fala, zaś sposób, w jaki owe fale nakładają się na siebie (wzmacniając swoją wspólną amplitudę, gdy ich drgania są zsynchronizowane, lub wygaszając się wzajemnie, gdy nie występuje synchronizacja), tłumaczył dodatkowe pasma tworzące się niekiedy na wewnętrznej stronie łuku tęczy pierwotnej. Dzięki głębszemu zrozumieniu mechanizmów dyspersji oraz polaryzacji światła na horyzoncie pojawiło się wreszcie wyczerpujące wyjaśnienie zjawiska tęczy. Pytanie tylko, czy nie było zbyt proste.





Wedle Marina Cureau de La Chambre’a, francuskiego fizyka, który żył i tworzył w tych samych czasach co Kartezjusz, tęcza stanowiła projekcję załamanego światła (rycina po lewej). Kartezjusz wykazał, że promienie słoneczne odbijają się od wnętrza kropli, po czym załamują się pod pewnym kątem, padając w kierunku obserwującego (rycina po prawej).

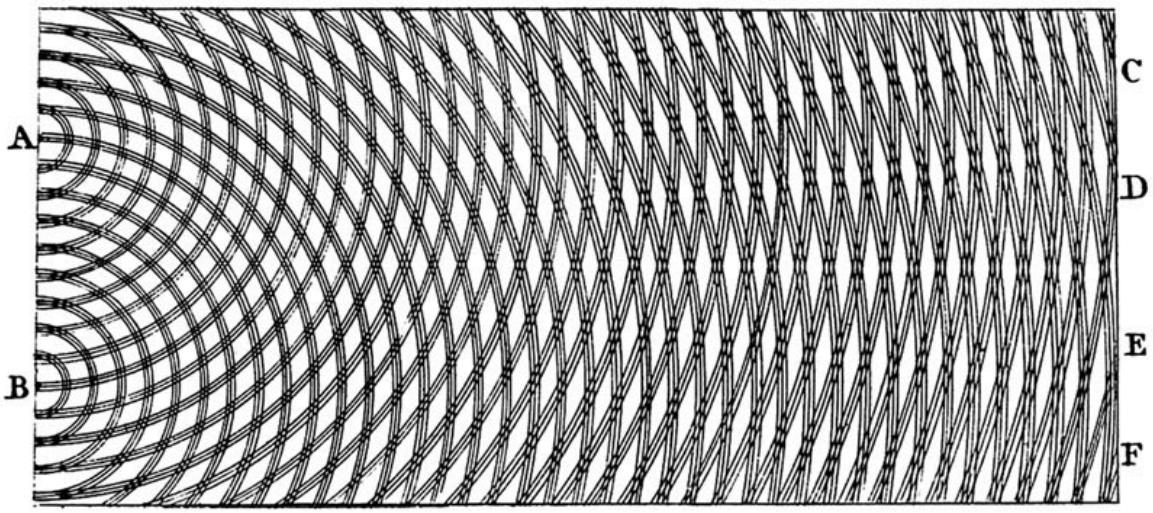
W porównaniu z poidełkiem dla ptaków wypełnionym boską farbą, z niebiańską ścieżką tudzież symbolem przymierza ludzi

z Wszechmogącym tęcza jako zwykłe zjawisko optyczne wydaje się dość rozczarowującym wyjaśnieniem. Czy zatem nauka odarła ją z aury cudowności? Zdaniem niektórych dziewiętnastowiecznych artystów, uczonych i myślicieli właśnie tak się stało. Johann Wolfgang von Goethe podjął próbę sformułowania nowej teorii, biorąc pod uwagę głównie ludzkie odczucia. Skupił się przede wszystkim na tym, w jaki sposób człowiek postrzega kolory w najróżniejszych okolicznościach, nie starając się opracować żadnego modelu matematycznego zachowania się barw, tak jak uczynił to Newton. William Blake potępił **„jednostronne widzenie”**[46] świata reprezentowane przez fizyków od czasów Newtona, natomiast John Keats w jednym ze swych wierszy wyraził słynną krytykę bezdusznej nauki, która zepchnęła tęczę, niegdyś obiekt zachwytu i podziwu, w otchłań katalogu rzeczy pospolitych. Jednakże, jak zauważa współczesny naukowiec Philip Fisher, Arystotelesowskie zestawienie tęczy z echem ma charakter zarówno poetycki, jak i naukowy. Wskazuje bowiem na wewnętrzne podobieństwo dwóch z pozoru odległych od siebie zjawisk, łącząc je za pomocą środków językowych w gwałtownym przebłysku zrozumienia. Zresztą także eksperymentom Kamāla al-Dīna al-Fārisīego oraz Teodoryka z Fryburga nie brak poetyckiego uroku. Kiedy wyobrażam sobie trzynastowiecznego mnicha, który leży w wilgotnej trawie, powoli przechylając głowę to w jedną, to w drugą stronę, by uchwycić zmieniające się kolory światła załamanego wewnątrz **kropel rosy**[47], nie widzę w tym ani irytującej pogoni za suchymi faktami, ani niezdolności do egzystencji podszytej niepewnością. Dla mnie jest to raczej przejaw radosnej, dziecięcej wręcz fascynacji oraz chęci eksplorowania świata na jego własnych warunkach.

Postawa naukowa wcale nie musi stać w opozycji do duchowości. Traktat o tęczy Kartezjusza miał stanowić fragment wstępu do jego *Rozprawy o metodzie* z 1637 roku – niezwykle ambitnego dzieła, w którym filozof próbował ustalić, co ponad wszelką wątpliwość da się poznać i zrozumieć przy wykorzystaniu takich narzędzi jak matematyka, logika

oraz dedukcja. To właśnie w ten sposób, jego zdaniem, można było dotrzeć do Boga, stanowiącego podstawę wszelkiego istnienia. Z tej perspektywy próba podjęta przez Kartezjusza wydaje się przedsięwzięciem głęboko religijnym, a nie tylko czysto matematycznym (mimo iż dostrzegał możliwość zarówno pragmatycznego, jak i politycznego zastosowania swojej wiedzy i zasugerował wykorzystanie tęczy do celów rozrywkowych, na przykład w fontannach na królewskim dworze).

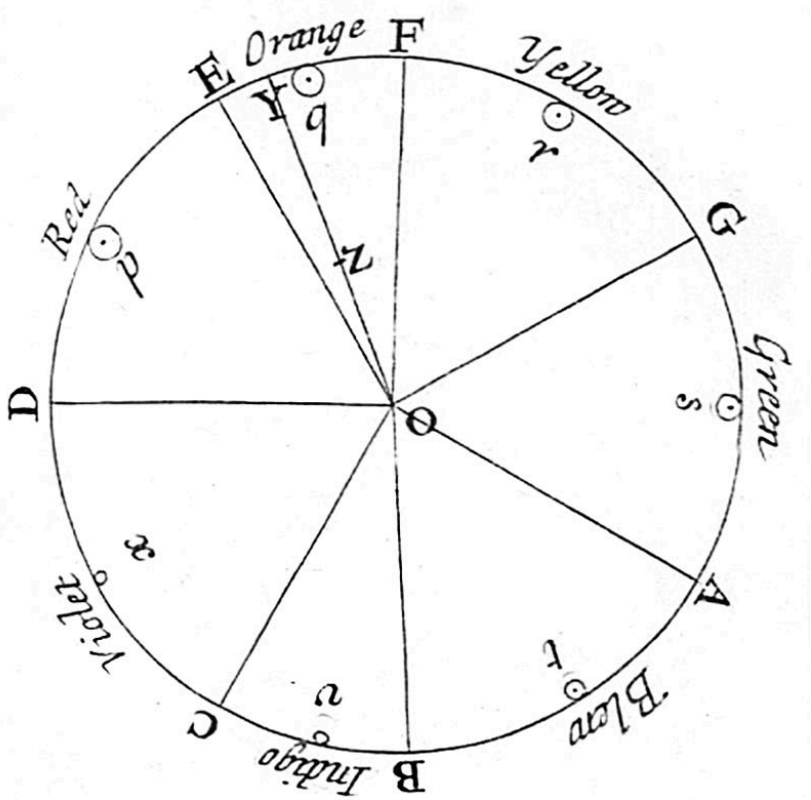
Newton z niezwykłą skrupulatnością prowadził swoje badania przyrodnicze, które dziś nazwalibyśmy po prostu naukowymi. I choć jego odkrycia w dziedzinie praw rządzących przyrodą zaliczają się do najbardziej przełomowych w historii, zdawał sobie sprawę, iż rozumienie owych zasad bazujące na jego obserwacjach wciąż pozostaje ograniczone. Z pełnym przekonaniem obstawał przy stanowisku, że światło zbudowane jest z cząsteczek, doceniał jednak siłę argumentów przeciwnych, wysuwanych przez współczesnego mu Christiaana Huygensa – i potwierdzonych sto lat później przez Thomasa Younga – za pomocą których naukowiec starał się udowodnić falową naturę światła. Co więcej, Newton doskonale wiedział, kiedy należy **zarzucić spekulacje**[48]. „Ostatecznie rozstrzygnąć, czym w rzeczywistości jest Światło – pisał Newton – i za sprawą jakich środków lub też mechanizmów wytwarza w naszych umysłach Fantomy Kolorów, jest zadaniem niełatwym. Nie będę zatem mieszać domysłów z pewnikami”.



W 1803 roku Thomas Young przeprowadził doświadczenie z użyciem zbiornika falowego oraz dwuszczelinowego interferometru, udowadniając, że światło zachowuje się jak fala. Zdaniem niektórych fizyków było to najważniejsze odkrycie w dziedzinie badań nad światłem.

Choć mimo naukowego podejścia miał obsesję na punkcie biblijnych proroctw, poświęcając niewspółmierne ilości czasu traktatom noszącym takie tytuły jak *Of the Power of the Eleventh Horn of Daniel's Fourth Beast, to Change Times and Laws* [O potędze jedenastego rogu czwartej bestii z Księgi Daniela, co ma moc zmieniania praw i czasów]. Był również praktykującym alchemikiem i wierzył w reaktywną materię obdarzoną duchem. Tę stronę jego osobowości odsłonił dopiero John Maynard Keynes, odkrywając na początku XX wieku prywatne zapiski fizyka. Na podstawie ich lektury doszedł do wniosku, że „Newton nie był pierwszym przedstawicielem epoki rozumu. Był ostatnim spośród magów". Co najmniej jeden ślad magicznego myślenia można odnaleźć w jego badaniach nad światłem. Newton podzielił tęczę na siedem kolorów, ową mistyczną liczbę łącząc z siedmioma nutami zachodniej skali muzycznej (a co za tym idzie, z pitagorejskim pojęciem boskiej proporcji przejawiającej się w strukturze świata), a także z siedmioma klasycznymi planetami. Dziś każdy bez problemu potrafi wyrecytować kolory tęczy – czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski,

indygo i fioletowy – mimo iż ludzkie oko rzadko kiedy potrafi je wszystkie rozróżnić z taką dokładnością.



Dopatrując się analogii pomiędzy światłem i muzyką, Newton spekulował, że promienie słoneczne o różnym rozmiarze, sile i intensywności wywołują „wibracje o odmiennych wielkościach" zarówno w eterze, stanowiącym medium, przez które rzekomo przemieszcza się światło, jak i w siatkówce oka. Największe drgania miały odpowiadać „najsilniejszym" kolorom, czyli czerwieni i żółci, najmniejsze – najsłabszym, tj. błękitowi i fioletowi, średnie – zieleni, natomiast biel powstawała z połączenia wszystkich rodzajów. Zdaniem Newtona logiczną konsekwencją tej analogii byłoby istnienie siedmiu kolorów na wzór siedmiu dźwięków składających się na skalę diatoniczną. Niestety ta piękna koncepcja była daleka od rzeczywistości.

Jeśli o mnie chodzi, prawa fizyki, które jestem w stanie pojąć, tylko przyczyniają się do pełnego zachwytu otaczającym mnie światem i zdumienia nim. I niezależnie, o czym akurat myślę, wspaniały taniec światła, podczas którego promienie swobodnie przenikają przez siebie we wszystkich kierunkach, podróżując w powietrzu i wodzie, stanowi

dla mnie idealny punkt wyjścia do głębszej refleksji. Bo spośród tego „wielkiego bałaganu", jak Richard Feynman określa naturę, czasami wyłania się jasność. Mieszkam w pobliżu rzeki i kiedy tylko mam okazję, pływam po niej kajakiem. Pogoda, jak to w Anglii, bywa dość kapryśna. W słoneczny dzień, kiedy tafla skrzy się od muskających ją złotych promieni, znajduję **ukojenie**[49], sunąc po jej spokojnych wodach. Tęczę widuję tu kilka razy w roku – na tyle rzadko, że zawsze z niecierpliwością wyczekuję kolejnej, a kiedy już pokaże się na niebie, cieszę się jak dziecko, czerpiąc przyjemność z czegoś tak pięknego, tak bliskiego, a zarazem całkowicie nieuchwytnego. Radością napawa mnie również świadomość, że obserwowanie tego wielobarwnego łuku to wyjątkowa szansa ujrzenia na żywo kolorów spektralnych, określonych przez Newtona mianem „promieni załamujących się pod odmiennymi kątami", którymi na co dzień jesteśmy bombardowani w formie elektronicznej kombinacji sztucznych obrazów. W tęczy deszcz naprawdę staje się **fioletowy**[50] (między innymi), zupełnie jak w piosence Prince'a.

Tęcza nie jest przejawem świata nadprzyrodzonego. Nie jest to też zjawisko niezależne od obserwatora. W pewnym sensie przypomina horyzont: wytwór naszej percepcji, który jednocześnie odsłania, albo przynajmniej sugeruje, jakąś prawdę o świecie wykraczającym poza granice naszego poznania. Wyłaniając się z wzajemnego oddziaływania pomiędzy światłem słonecznym i **spadającymi kroplami**[51], tworzy obraz pozornie trwały, aczkolwiek ulegający subtelnym transformacjom, który mógłby stanowić całkiem trafne odzwierciedlenie samej świadomości. „Percepcja – pisał matematyk i astronom Johannes Kepler – nie jest wcale przynależna optyce. Należy ją raczej umiejscowić w obrębie badań nad tym, co cudowne i niezwykłe". Dotyczy to również naszego widzenia kolorów, które – mimo iż tak naprawdę nie „istnieją" w świecie – są dla nas wyjątkowo cenne, gdyż stanowią swego rodzaju narzędzie komunikacji pomiędzy człowiekiem a otaczającą go rzeczywistością.

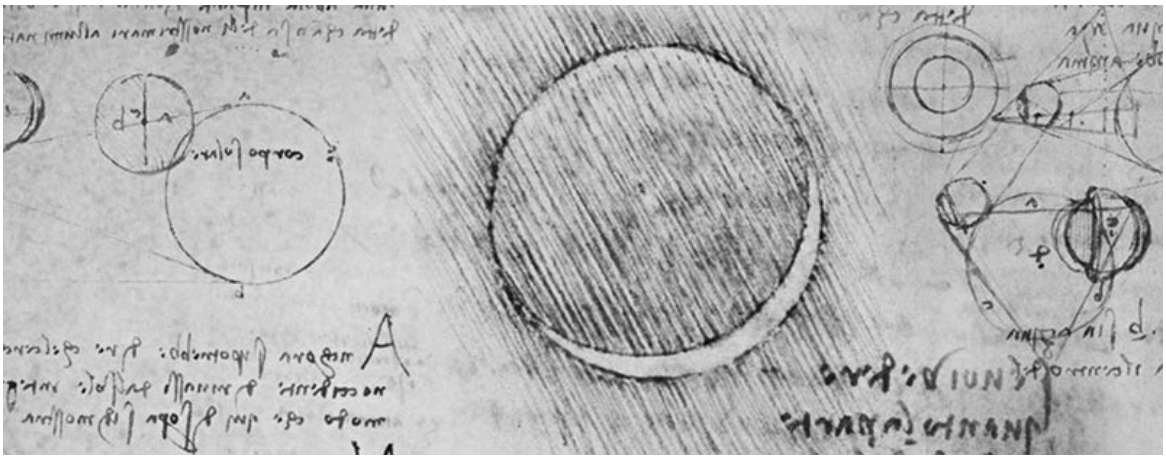
Być może ludzkość nie jest w stanie opisywać własnych reakcji na zjawiska przyrodnicze bez uciekania się do alegorii czy metafory. Kiedy przypominam sobie czczonego przez Aborygenów okrutnego Tęczowego Węża albo gdy czytam o tym, że zbliżająca się burza może spowodować pojawienie się na niebie gigantycznej wielokrotnej tęczy (efekt wywołany przez fale grawitacyjne w poświacie niebieskiej, analogiczny do tego, który wywołuje kamień rzucony na gładką taflę wody), przychodzą mi na myśl wszelkiego rodzaju **burze**[52], jakie czekają nas w nadchodzących latach czy całych dziesięcioleciach.

Światło poza tęczą

Tęcza to tylko jeden z cudów, które możemy zobaczyć dzięki światłu. Weźmy na przykład zjawisko zwane *Heiligenschein* (aureola), czyli białawą poświatę przypominającą aureolę, która otacza cień głowy rzucony na trawę pokrytą rosą. Dzieje się tak dlatego, że krople działają jak soczewki, które ogniskują przenikające przez nie równoległe promienie słońca, dzięki czemu znajdujące się poniżej źdźbła wydają się jaśniejsze. Z kolei w przypadku zjawiska zwanego glorią jasna obwódka pojawia się wokół cienia obserwatora rzucanego przezeń na chmurę lub mgłę. Gloria różni się od aureoli tym, że jej koncentryczne pierścienie są kolorowe: od wewnętrznej strony widać błękit, który następnie przechodzi w zieleń, żółć i czerwień aż do zamykającego fioletu. Główne źródło światła stanowi tu jego odbicie od tylnych lub przednich ścian kropelek wody, natomiast załamanie przechodzących przez nie promieni jest odpowiedzialne za kolory. W górach, kiedy słońce znajduje się nisko na niebie, cień otoczony glorią może być znacznie powiększony i zniekształcony, jako że pada na bardziej rozległy, nieregularnie ukształtowany obszar. Tak właśnie powstaje widmo Brockenu – zjawa albo mamidło górskie, które tyleż fascynowało ludzi, co budziło w nich lęk. Z dzisiejszej perspektywy natura tego widziadła, w którym rozpoznajemy siebie, jednocześnie doświadczając

obcości, może prowadzić nas do wniosku, że nasze ciała to jedynie projekcje – **linie geodezyjne**[53] w trójwymiarowej przestrzeni zjawisk zachodzących w czasoprzestrzeni czterowymiarowej.

Przechodząc od cieni do samego źródła światła, zatrzymajmy się na chwilę przy słońcu pobocznym (noszącym również nazwę parhelionu). Zjawisko to, występujące często w liczbie mnogiej, pojawia się na ogół po obu stronach słońca w formie jasnej plamy otoczonej świetlistym pierścieniem. Powstaje w wyniku załamania się promieni słonecznych na kryształach lodu opadających powoli tysiące metrów ponad Ziemią. W wyższych partiach nieboskłonu można dostrzec jeszcze inne zjawisko, znacznie różniące się od parhelionu zarówno pod względem genezy, jak i samego kształtu. Zorza polarna, bo o niej mowa, to ulegająca gwałtownym przemianom, podobna do falującej zasłony barwna smuga, najczęściej w kolorze zielonym. Powstaje w chwili, gdy naładowane cząsteczki emitowane przez Słońce zderzają się w polu magnetycznym wysoko nad powierzchnią Ziemi z atomami, w wyniku czego dochodzi do ich jonizacji. Na nagraniach z Międzynarodowej Stacji Kosmicznej można zobaczyć pozornie niekończącą się podróż zorzy sunącej zakosami po łuku ziemskiego horyzontu, której falująca forma przywodzi na myśl zimne płomienie podpalonej brandy pełgające na gigantycznym świątecznym puddingu.



Szkic światła popielatego autorstwa Leonarda da Vinci, początek XVI wieku.

Niektóre niesamowite efekty świetlne widać na niebie gołym okiem. **Światło popielate**[54], czyli jasna poświata na nieoświetlonej tarczy Księżyca w nowiu lub w trzeciej kwadrze, której źródłem jest światło odbite od nasłonecznionej strony Ziemi, należy do moich ulubionych. Owa poświata, szczególnie wyraźna o zmierzchu i świcie przy dobrej pogodzie, gdy księżyc znajduje się tuż nad horyzontem, sprawia, że wydaje się on wyjątkowo bliski – ten obraz może budzić skojarzenia z Janusem stojącym na **granicy dwóch światów**[55]. W danym momencie niezależnie, czy obserwujemy naszego satelitę z lądu czy z morza, samo zjawisko pozostaje niezmienne, natomiast odcień oraz intensywność światła popielatego będą zależeć od naszego aktualnego położenia geograficznego, gdyż ocean, ziemia i chmury charakteryzują się różnym współczynnikiem odbicia. Ludzkie oko odbiera poświatę na tarczy Księżyca jako nikłe, bardzo delikatne światło, gdybyśmy jednak stanęli na oświetlonym przez Ziemię fragmencie powierzchni Srebrnego Globu, widok naszej planety byłby oszałamiający: zawieszona w przestworzach, oślepiająco niebiesko-zielono-biała kula, cztery razy większa od słońca i pięćdziesiąt razy jaśniejsza od widzianego z Ziemi blasku księżyca.

Katalog cudownych zjawisk wywołanych przez światło mógłby się ciągnąć jeszcze długo i zawierać na przykład Syriusza, najjaśniejszą gwiazdę nocnego nieba, która zdaje się przybierać wszystkie kolory tęczy, ponieważ bijące z niej światło ulega załamaniu w atmosferze Ziemi. Albo **światło zodiakalne**[56], czyli widoczną na niebie po zmroku lub tuż przed świtem rozproszoną poświatę, będącą odbiciem światła słonecznego od bilionów maleńkich cząsteczek pyłu kosmicznego – na jeden kilometr sześcienny przypada zaledwie jedna cząsteczka – którym nie udało się dotrzeć na planety lub asteroidy w Układzie Słonecznym. A przecież nawet jeszcze nie doszliśmy do iluzorycznych właściwości samego światła (jednym z moich ulubionych przykładów jest ten z lustrem, o którym wspomina Richard Feynman: otóż kiedy weźmiemy do ręki lustro i zdrapiemy część jego powierzchni, zacznie odbijać

światło pod zupełnie innym kątem niż dotychczas). Pozwólcie jednak, że od razu przejdę do wspólnego źródła wielu z tych niezwykłych zjawisk, którym jest Słońce.

Patrząc prosto w słońce

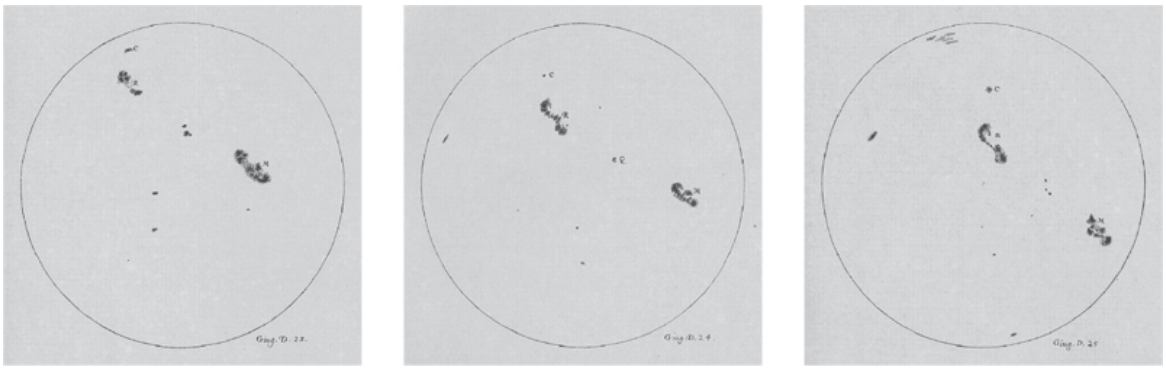
Od początków (a być może i prapoczątków) historii rodzaju ludzkiego Słońce otaczane było nabożną czcią. W większości religii zajmowało centralne miejsce, choć jeszcze niecałe sto lat temu ludzie nie bardzo wiedzieli, czym tak naprawdę jest i dlaczego świeci.

Wpatrywanie się prosto w jego tarczę dłużej niż kilka chwil może prowadzić do ślepoty, lecz dzięki zdobyczom współczesnej technologii powoli zaczynamy poznawać jego prawdziwy majestat. Pięciominutowe nagranie wykonane przez satelitę NASA Solar Dynamics Observatory (obserwatorium dynamiki Słońca), które zostało opublikowane w 2015 roku, ukazuje ekstrakt pięciu lat szczegółowych obserwacji. Wiry, eksplodujące gejzery, falujące mętne wstęgi tworzą tak fascynujący widok, że trudno od niego oderwać wzrok – można tylko patrzeć i patrzeć, niemal całkowicie zapominając o bożym świecie.

Materiał opublikowany przez NASA ma w sobie hipnotyzującą moc, jednak pierwszy film rejestrujący Słońce pochodzi z 1613 roku. To właśnie na przełomie czerwca i lipca Galileusz przez kilka dni wyświetlał na ekranie obraz z teleskopu, zaznaczając położenie plam na jego powierzchni. Sporządzone przez niego rysunki śmiało mogą konkurować pod względem jakości z fotografiami Słońca wykonanymi setki lat później. Co więcej oglądane w jednym ciągu, na takiej samej zasadzie jak sekwencja filmowych kadrów albo kineograf, tworzą ruchomy obraz plam poruszających się gładko po powierzchni gwiazdy.

O plamach słonecznych ludzie wiedzieli od dawna. Najstarsze źródła zawierające wzmianki o nich pochodzą z Chin z około 800 roku p.n.e., ale legendy na ich temat pojawiały się także w innych kulturach. Na

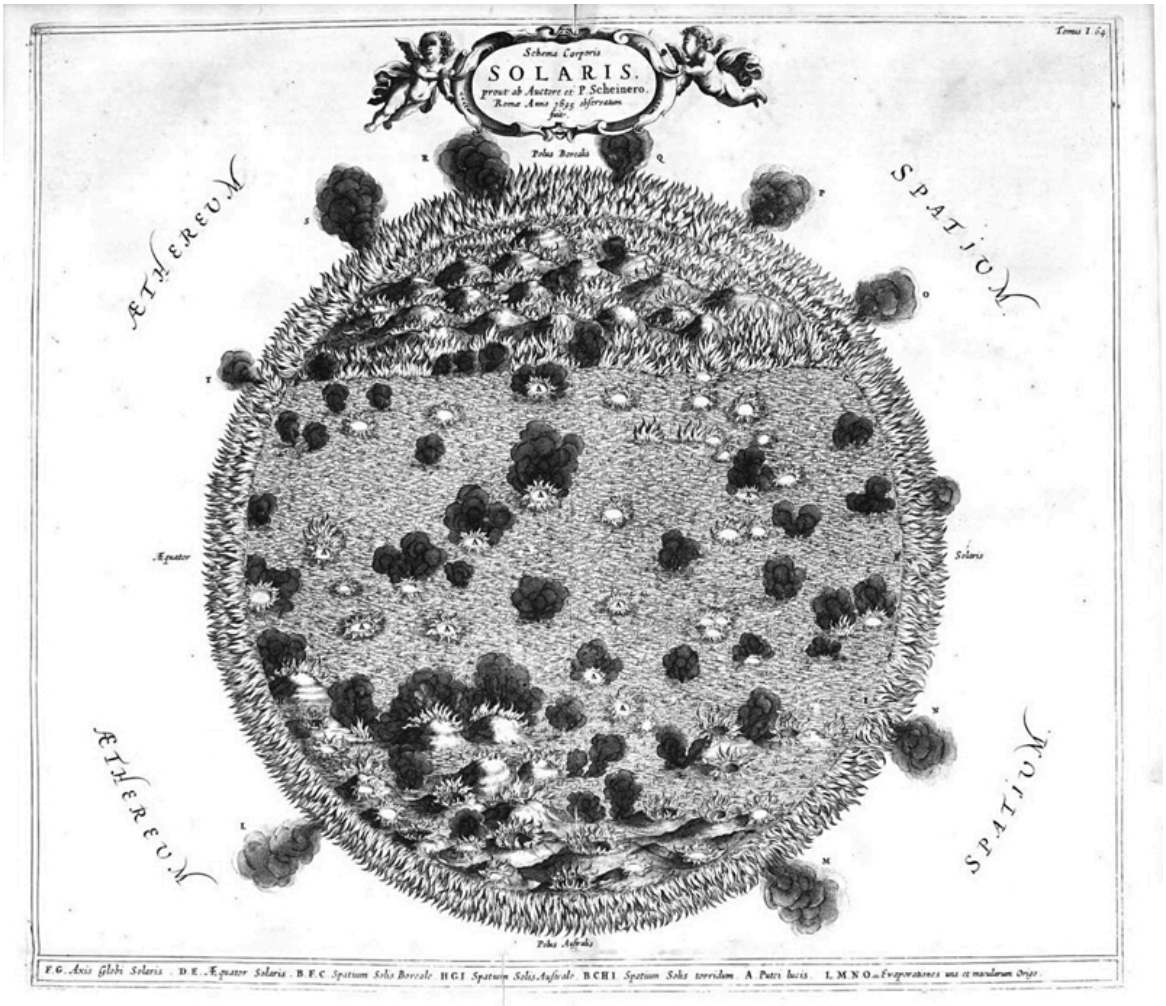
przykład starożytne ludy zamieszkujące tereny Zambezii wierzyły, że to plamy błota rozbryzganego na obliczu Słońca przez zazdrosny Księżyc. Zresztą Galileusz wcale nie był pierwszym uczonym, który badał je za pomocą teleskopu. Matematyk Thomas Harriot prowadził podobne obserwacje już w 1609 roku. Jednak to Galileusz wraz z jeszcze jednym badaczem, Johannesem Fabriciusem, jako pierwsi wysnuli teorię, że podróż plam po powierzchni Słońca oraz to, że dotarłszy do jego krawędzi, znikają, by pojawić się na przeciwległym krańcu, świadczą, iż świetlista tarcza jest w rzeczywistości obracającą się kulą, a widoczne na niej przebarwienia wirują wraz z nią. I to na szkicach wykonanych przez Galileusza widać wyraźnie pierwszy krok ku przekształceniu Słońca z oślepiającej blaskiem tajemnicy w dający się poznać, aczkolwiek wciąż równie oszałamiający, przedmiot badań naukowych.



Od 2 czerwca do 8 lipca 1613 roku Galileusz codziennie rysował plamy zaobserwowane na powierzchni Słońca. Ilustracja przedstawia sekwencję trzech z trzydziestu pięciu szkiców.

Przez długi czas astronomowie po Galileuszu nie dokonali zbyt wielu odkryć dotyczących natury Słońca. Na przestrzeni kolejnych dziesięcioleci pojawiały się zarówno wnikliwe i całkiem sensowne teorie, jak i szalone wizje, niemające absolutnie nic wspólnego z faktycznym stanem rzeczy. Kartezjusz twierdził, że pokrywające słoneczną tarczę plamy to piana na prastarym oceanie. Siedemnastowieczny uczony, Athanasius Kircher, opowiadał z kolei o fantasmagorycznej kipieli oceanu, na którym płonące jeziora tryskają

fontannami ognia. Żyjący na przełomie XVIII i XIX wieku astronom William Herschel, odkrywca Urana, twierdził, że plamy słoneczne są w rzeczywistości portalami do ciemnego świata, gdzie ludzie wiedli egzystencję pod zewnętrzną promienistą pokrywą. Nikt nie miał jednak namacalnych dowodów na poparcie swoich teorii i w 1835 roku filozof Auguste Comte doszedł do wniosku, że dopóki nie polecimy w kosmos, nie zdołamy zbadać chemicznego składu ani Słońca, ani innych gwiazd. Mylił się jednak, gdyż, jak się okazało, Słońce może odsłonić przed nami swoją strukturę, jeśli tylko będziemy wiedzieć, jak patrzeć.



Szkic autorstwa Athanasiusa Kirchera z 1665 roku zatytułowany *Schema Corpus Solaris.*

W 1802 roku chemik William Wollaston odkrył, że jeśli wiązkę słonecznego światła przed dotarciem do pryzmatu przepuści się przez

wąską szczelinę w kawałku metalu, na powstałej w wyniku rozszczepienia wielobarwnej tęczy pojawi się kilka cienkich, czarnych pionowych linii. W 1814 roku fizyk Joseph von Fraunhofer powtórzył ten eksperyment przy użyciu lepszego sprzętu i udowodnił, że pozorna ciągłość widma tęczy to iluzja: w wielobarwnej smudze występują maleńkie przerwy, ciemne lub całkiem czarne łuki brakujących kolorów, zbyt wąskie, by mogło je dostrzec ludzkie oko. Za pomocą własnego wynalazku, spektroskopu, naukowiec zarejestrował w widmie słonecznym ponad pięćset takich luk, znanych dziś jako linie Fraunhofera (lub linie absorpcyjne). Obecnie wiadomo, że są ich tysiące. Okazuje się więc, że Słońce – nasza kosmiczna lampa – wcale nie emituje światła obejmującego cały zakres widzialnego spektrum.

Do kolejnego odkrycia doszło pół wieku później, kiedy Robert Bunsen i Gustav Kirchhoff przeprowadzili eksperyment, podczas którego podgrzewali różne pierwiastki chemiczne i obserwowali przez spektroskop wydzielane przez nie światło. Na przykład ciepły gaz ulatniający się w trakcie odparowywania rtęci emituje widoczną gołym okiem błękitną poświatę. Kiedy jednak to samo światło zostanie przepuszczone przez szczelinę w kawałku metalu, a potem wejdzie w pryzmat, zacznie się mienić odcieniami fioletu, zieleni i żółci. Bazując na swoich obserwacjach, Bunsen i Kirchhoff doszli do wniosku, że błękit to jedynie wrażenie, któremu ulega ludzkie oko w chwili połączenia fioletu, zieleni i żółci w jeden kolor. Podążając tym tropem, wydedukowali, iż spektroskop odsłania „prawdziwe" kolory widma emitowane przez podgrzany materiał. Na drodze eksperymentów z innymi pierwiastkami okazało się, że każdy z nich ma swoje niepowtarzalne właściwości. I tak na przykład sód wydziela dwie, niemal przylegające do siebie złote smugi. Następnie naukowcy zwrócili spektroskop ku Słońcu i zestawili czarne linie absorpcyjne z jasnymi liniami spektralnymi dziesiątek pierwiastków, w szczególności wodoru, tlenu, żelaza i wapnia. Do końca lat sześćdziesiątych XIX wieku zdołali dopasować prawie wszystkie linie do występujących na Ziemi pierwiastków oprócz serii pojawiającej się w żółtym paśmie widma.

Owe tajemnicze linie zinterpretowali jako atrybut nieznanego pierwiastka, któremu nadali nazwę helium od greckiego boga-Słońce Heliosa. Początkowo uznano, że hel występuje tylko na Słońcu i dopiero w 1895 roku odkryto go na Ziemi, gdy chemik William Ramsay wyizolował gaz z **uranu**[57] wydobytego z kopalni głębinowej, a następnie przepuścił przez spektroskop, dzięki czemu tajemnica wszystkich niewytłumaczonych dotąd linii w żółtym fragmencie spektrum słonecznego została wyjaśniona.

Odpowiedź na pytanie, dlaczego Słońce świeci, przyszła wraz z powiązaniem odkryć w dziedzinie spektroskopii ze zdobyczami na polu fizyki teoretycznej. Słynny wzór Alberta Einsteina E=mc2 z 1905 roku objaśniający, w jaki sposób masa może zostać przekształcona w energię, posłużył za punkt wyjścia astronomowi i fizykowi Arthurowi Eddingtonowi. Na jego podstawie w 1920 roku sformułował teorię mówiącą, że ogromne ilości energii są uwalniane w postaci światła i ciepła w chwili, gdy proton w jądrze atomu wodoru łączy się z drugim, tworząc jądro helu. W latach trzydziestych fizyk Hans Bethe wraz z innymi naukowcami wykazał, że ów proces zachodzący w takich gwiazdach jak Słońce – określany dziś ogólnie mianem **fuzji**[58] – jest znacznie bardziej skomplikowany. Jak się okazuje, Słońce w każdej sekundzie przekształca 4,25 miliona ton swojej masy w energię, a co za tym idzie, w światło. Stanowi to odpowiednik ponad dziewięćdziesięciu miliardów megaton trotylu – czyli około siedemdziesięciu pięciu tysięcy razy więcej, niż wynosi moc B83, najpotężniejszej bomby wodorowej, jaką dysponuje dziś armia Stanów Zjednoczonych, albo sześciu bilionów bomb atomowych o mocy tej zrzuconej na Hiroszimę. Oczywiście pomiędzy Słońcem i bronią jądrową istnieją spore różnice. Zacznijmy od tego, że Słońce wytwarza energię w stosunkowo wolnym, acz niezmiennym tempie, zaś jego ognistą furię poskramia gaz w przestrzeni pomiędzy jądrem – gdzie dochodzi do reakcji – a powierzchnią, które oddziela setki tysięcy kilometrów.

Zjawisko fuzji zachodzi niemal wyłącznie w jądrze Słońca, pozostającym w takim samym stosunku do całej powierzchni jak pestka brzoskwini do reszty owocu. To tutaj, w warunkach niewyobrażalnie wysokiego ciśnienia i równie silnej grawitacji, temperatura przekracza piętnaście milionów stopni Celsjusza, zaś atomy występują w postaci **plazmy**[59] – niejako czwartego stanu skupienia, w którym atomy są zbyt gorące, by utrzymać się w formie ciała stałego, cieczy lub gazu. Otaczająca je kula rozgrzewa się, w miarę jak energia wędruje na zewnątrz, pokonując kolejne warstwy, zanim dotrze do powierzchni Słońca i uleci w kosmos. Jednak cały ten proces zachodzi bardzo powoli. Wodór i hel tak szczelnie wypełniają jądro gwiazdy, że protony powstające w wyniku fuzji pokonują niewielkie odległości, nim zderzą się z innymi atomami, przez które są absorbowane i znów emitowane na zewnątrz. W efekcie fotony błądzą losowo przez mniej więcej dwieście tysięcy lat – tyle zajmuje im dotarcie do powierzchni Słońca, oddalonej od jądra o pięćset tysięcy kilometrów. Gdy już znajdą się w przestrzeni kosmicznej, gdzie nic ich nie hamuje, są w stanie pokonać ten sam dystans w ciągu niecałych dwóch sekund, a tym, które lecą sto pięćdziesiąt kilometrów do Ziemi, zajmuje to osiem minut i dwadzieścia sekund. Czyli oglądane przez nas światło słoneczne miało swój początek w reakcji, do której doszło w zamierzchłej przeszłości, mniej więcej w tym samym czasie, kiedy zakończyła się ewolucja anatomicznie współczesnego człowieka.

Temperatura na widzialnej warstwie Słońca, zwanej fotosferą, wynosi niecałe cztery dziesięciotysięczne temperatury jądra. Jednakże przy średniej oscylującej wokół pięciu tysięcy pięciuset stopni Celsjusza i tak jest ponad trzykrotnie wyższa od temperatury płynnej lawy czy topnienia żelaza. Tak czy inaczej, niczym w misce (albo raczej kuli) bulgoczącej zupy panuje tu ciągły ruch i warunki na samej powierzchni ulegają dynamicznym transformacjom. Ogromne bańki gorącej plazmy przesuwają się w niektórych miejscach ku górze, w stronę fotosfery, podczas gdy w innych silne pola magnetyczne spowalniają lub

całkowicie blokują ich „wspinaczkę”. Wolno poruszająca się materia jest chłodniejsza – niższa temperatura w tym przypadku to cztery tysiące stopni Celsjusza – a co za tym idzie, ciemniejsza. Obszary na powierzchni Słońca, na których występuje silne pole magnetyczne, to nic innego jak plamy słoneczne naszkicowane przez Galileusza z ogromną pieczołowitością.

Pogoda na Słońcu

Wszyscy wiemy, że Słońce ma wpływ na ziemską pogodę. Jednak fakt, że na nim samym panują niezwykle trudne, a do tego mocno zróżnicowane warunki meteorologiczne, jest już mniej znany. Ponad widzialną powłoką tej jasnej gwiazdy oddalające się od niej linie pola magnetycznego zakręcają z powrotem w stronę powierzchni, tworząc pętle rozmiarem znacznie przewyższające naszą planetę. Silnie naładowana plazma porusza się wzdłuż łuków tych linii i gdy czasem dochodzi do ich zespolenia lub rozłączenia, plazma także zlewa się ze sobą albo ulega rozerwaniu, podobnie do liny pękającej w wyniku zbyt mocnego napięcia. Wszystko to dzieje się w zawrotnym tempie (a jak wiadomo, szybkość oznacza ciepło: temperatury sięgają wówczas milionów stopni Celsjusza). Wstęgi rozpędzonej, silnie naładowanej plazmy tworzą koronę słoneczną, nazywaną tak ze względu na kształt, jaki tworzą wokół Słońca, widoczny podczas całkowitego zaćmienia. W chwili gdy wiatr słoneczny nieco ochładza koronę, część materii ulatuje w przestrzeń kosmiczną, jednak większość z powrotem opada na powierzchnię. Krótko mówiąc, na Słońcu też pada, tyle że nie deszcz, a plazma, odrobinę chłodniejsza (choć wciąż gorąca), której krople wielkości całych państw spadają z wysokości ponad sześćdziesięciu tysięcy kilometrów z prędkością przekraczającą dwieście tysięcy kilometrów na godzinę.

Na Słońcu pojawiają się także tornada. Plazma tworzy wiry, które sprawiają, że pola magnetyczne zaczynają się skręcać i poruszać

ruchem spiralnym, tworząc supertornada sięgające od powierzchni Słońca do wyższych warstw jego atmosfery. Jeszcze bardziej spektakularnymi zjawiskami są rozbłyski słoneczne i koronalne wyrzuty masy. Podczas rozbłysków skupiona wzdłuż łuków pola magnetycznego plazma rozgrzana do milionów stopni Celsjusza emituje w kosmos strumienie elektronów, jonów i protonów (obok fal elektromagnetycznych, głównie spoza widzialnego zakresu spektrum) z prędkością zbliżoną do prędkości światła. Z kolei cząsteczki tryskające w przestrzeń międzyplanetarną w trakcie koronalnego wyrzutu masy osiągają prędkość zaledwie dwóch procent prędkości światła, lecz to wciąż oznacza miliony kilometrów na godzinę, a do tego ilość wyrzucanej masy jest znacznie wyższa niż podczas rozbłysku. „Przejrzyste strumienie miłości gorącej i potężnej, drżący pudding miłosny, eksplozja bieli i delirycznych soków" – pisał poeta Walt Whitman, choć w zupełnie innym kontekście. Gdy jakiś czas później zewnętrzne krawędzie tych wyrzutów stykają się z ziemską magnetosferą, wywołują burze geomagnetyczne oraz silne **zorze polarne**[60] na biegunach Ziemi.

Cała ta aktywność związana jest z procesami zachodzącymi głęboko wewnątrz Słońca, a zwłaszcza z tym, co się dzieje na granicy pomiędzy jego wnętrzem a zewnętrznymi warstwami. Wnętrze – jądro oraz strefa promienista (lub radiacyjna) – rotuje niemal jednolicie, niczym zwarta kula. Jednak mniej więcej w dwóch trzecich odległości pomiędzy jądrem a powierzchnią – ponad cienką warstwą określaną tachokliną, w tzw. warstwie konwektywnej – ruch jest znacznie bardziej zróżnicowany. Plazma potrzebuje około dwudziestu pięciu dni na podróż wokół równika, ale w okolicy biegunów obraca się wolniej. Rotacja różnicowa wywołuje wiry i południkowe przepływy działające na zasadzie gigantycznych pasów transportowych przenoszących namagnetyzowany materiał na wyższe szerokości heliograficzne. Osiągnąwszy konkretny pułap, owe prądy zawracają w kierunku równika. Pikują, po czym na szerokości mniej więcej 60° ponownie

wystrzeliwują w górę, czasami docierają aż do biegunów, zanim rozpoczną podróż powrotną. Gdy tak się zdarzy, powrót jest znacznie wolniejszy, aktywność Słońca spada, a to z kolei skutkuje mniejszą liczbą plam słonecznych. W ciągu cyklu trwającego jedenaście lat ziemskich Słońce „oddycha" albo pulsuje, produkując wiatr słoneczny, promieniowanie X, ultrafiolet oraz światło widzialne.

Narodziny i śmierć Słońca

Niektórzy mówią, że Słońce miało matkę i ojca. Wedle uproszczonej narracji mama miała formę gigantycznego obłoku molekularnego zbudowanego głównie z wodoru, a tata – fali uderzeniowej powstałej w wyniku eksplozji ogromnej niebieskiej gwiazdy, znacznie większej i gęstszej od Słońca, której jednakże daleko było do rozmiarów matczynego obłoku. Oprócz wodoru mama chmura zawierała w sobie niemal wszystkie pierwiastki, zmieszane z pozostałościami po rozproszonej materii poprzednich generacji gwiazd w Galaktyce, która od miliardów lat wirowała, wydając z siebie trzaski i syki przy każdym wybuchu kolejnej supernowej. Okoliczności, w których doszło do spotkania obłoku i gwiazdy, nie miały w sobie nic szczególnego i z pewnością nie było to zdarzenie **nieuniknione**[61] – po prostu 4,6 miliarda lat temu oba obiekty znalazły się na tyle blisko siebie, że przyciągnięte grawitacją zetknęły się ze sobą, powołując do życia nowe ciało niebieskie: z obłoku molekularnego uformowała się gęsta kula wodoru znana jako mgławica słoneczna. Protosłońce było dziesięć milionów razy mniejsze od pierwotnego obłoku – czyli miało się do niego mniej więcej jak pestka jabłka do stadionu piłki nożnej. Miriady podobnych zjawisk można dziś obserwować na fotografiach takich jak słynne zdjęcie *Filary stworzenia*.

Tyle o narodzinach, jeśli zaś chodzi o kres, cóż, wielu z nas ma ogólne pojęcie o tym, jak to wszystko się skończy: Słońce zamieni się w czerwonego olbrzyma, który spali i pochłonie Ziemię. Jednym

słowem, koniec z ukrytymi w chmurach szczytami wież, koniec ze **wspaniałymi pałacami**[62], kolego. Jednakże pełen scenariusz tej katastrofy jest jeszcze piękniejszy i jeszcze bardziej zdumiewający. I moim zdaniem zasługuje na odpowiednio epicką ścieżkę dźwiękową. Musiałoby to być **coś więcej**[63] niż ostatni akord pieśni *Der Abschied* z symfonii Gustawa Mahlera *Das Lied von der Erde* (który, zdaniem Benjamina Brittena, „odciska swe piętno na atmosferze"), coś przerastającego najnowsze dzieła Johna Luthera Adamsa, takie jak utwór *Become Ocean* (określony przez krytyka muzycznego Alexa Rossa mianem „najbardziej uroczej apokalipsy w historii muzyki"), nie wspominając o *Sky with Four Suns*. Jednakże wszystko, co mogę zaoferować w tej materii, to streszczenie procesu od strony fizycznej – czyli coś na kształt szkicu programu do owej nieistniejącej symfonii.

Wyjąwszy interwencję inteligentnych bytów obdarzonych niezwykłymi mocami (co wydaje się mocno naciągane) tudzież kolizję z inną gwiazdą (co z kolei jest bardzo mało prawdopodobne), przyszłość Słońca da się z łatwością przewidzieć, i to w najdrobniejszych szczegółach. Jak zauważa astronom Martin Rees, „nawet najmniejszy owad jest bytem daleko bardziej złożonym niż gwiazda". A jednak w tym, co nieuchronne, wciąż można dostrzec rys godnego podziwu piękna. Ludzka egzystencja w przeciwieństwie do losu naszej planety jest nieprzewidywalna, stąd nasuwa się refleksja, że być może w staroskandynawskim micie, wedle którego przyszłość człowieka z góry zapisana jest w niciach życia tkanych przez boginie przeznaczenia, tkwi ziarno prawdy.

Fuzja jądrowa, stanowiąca siłę napędową Słońca, będzie zachodzić dopóty, dopóki nie zabraknie paliwa. Słońce waży około trzystu trzydziestu tysięcy razy więcej niż Ziemia, zaś objętością przewyższa naszą planetę milion razy (wyobraźmy sobie piłkę do koszykówki obok ziarnka grochu). W tej chwili jego wiek szacuje się na około 4,6 miliarda lat. Będąc gwiazdą ciągu głównego (kategoria gwiazd karłów, w których wodór przemienia się w hel), gdzie pozostanie przez mniej więcej

drugie tyle lat, Słońce wypromieniowuje poprzez syntezę energię. Przy masie wynoszącej dwa kwadryliardy ton (2 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 lub prościej dwójka i 27 zer) zawiera wystarczającą ilość paliwa, by płonąć jeszcze przez miliardy lat. W tym czasie będzie się stawać coraz gorętsze i jaśniejsze. Za niewiele ponad miliard lat zrobi się na tyle palące, że oceany na Ziemi wyparują, a średnia temperatura na naszej planecie przekroczy trzysta siedemdziesiąt stopni Celsjusza – czyli zdecydowanie więcej, niż potrzeba do upieczenia pizzy. „Myślę, że jesteśmy niezniszczalni, podobnie jak muchy czy pluskwy" – powiedział kiedyś Robert Frost, jednakże opisane powyżej warunki zdecydowanie przebiją termonuklearny armagedon, którego tak bardzo obawiał się poeta i jemu współcześni. Do tego czasu życie na Ziemi w skali makro już dawno przestanie **istnieć**[64].

Jednak nawet w tym momencie Słońce jako gwiazda ciągu głównego ledwie przekroczy półmetek swojej egzystencji i przez kolejne cztery miliardy lat nie zmieni rozmiaru i nadal będzie emitować jasne światło, dokładnie jak dziś. Dopiero za pięć miliardów lat wodór w jego jądrze zostanie do końca wypalony i wtedy Słońce zacznie się powiększać. Z początku proces ten będzie przebiegać powoli – podwojenie rozmiaru zajmie mu pół miliarda lat – a potem przyspieszy i będzie rosnąć tak długo, aż stanie się czerwonym olbrzymem, ponad dwieście razy większym i dwa tysiące razy jaśniejszym niż teraz. Do tego czasu zdąży pochłonąć i spalić Merkurego oraz Wenus. Ziemia, która prawdopodobnie przetrwa (choć będzie zbyt gorąca, by mogły na niej ocaleć jakiekolwiek formy życia), w wyniku ekspansji Słońca zostanie od niego odsunięta, lecz nadal będzie krążyć po orbicie. Możliwe też, że Tytan, księżyc Saturna, na którym dziś panują tak niskie temperatury, że głębokimi kanionami na jego powierzchni płynie ciekły metan, ogrzeje się, tym samym tworząc warunki odpowiednie dla życia, jakie znamy. W takich okolicznościach Tytan mógłby stać się swego rodzaju

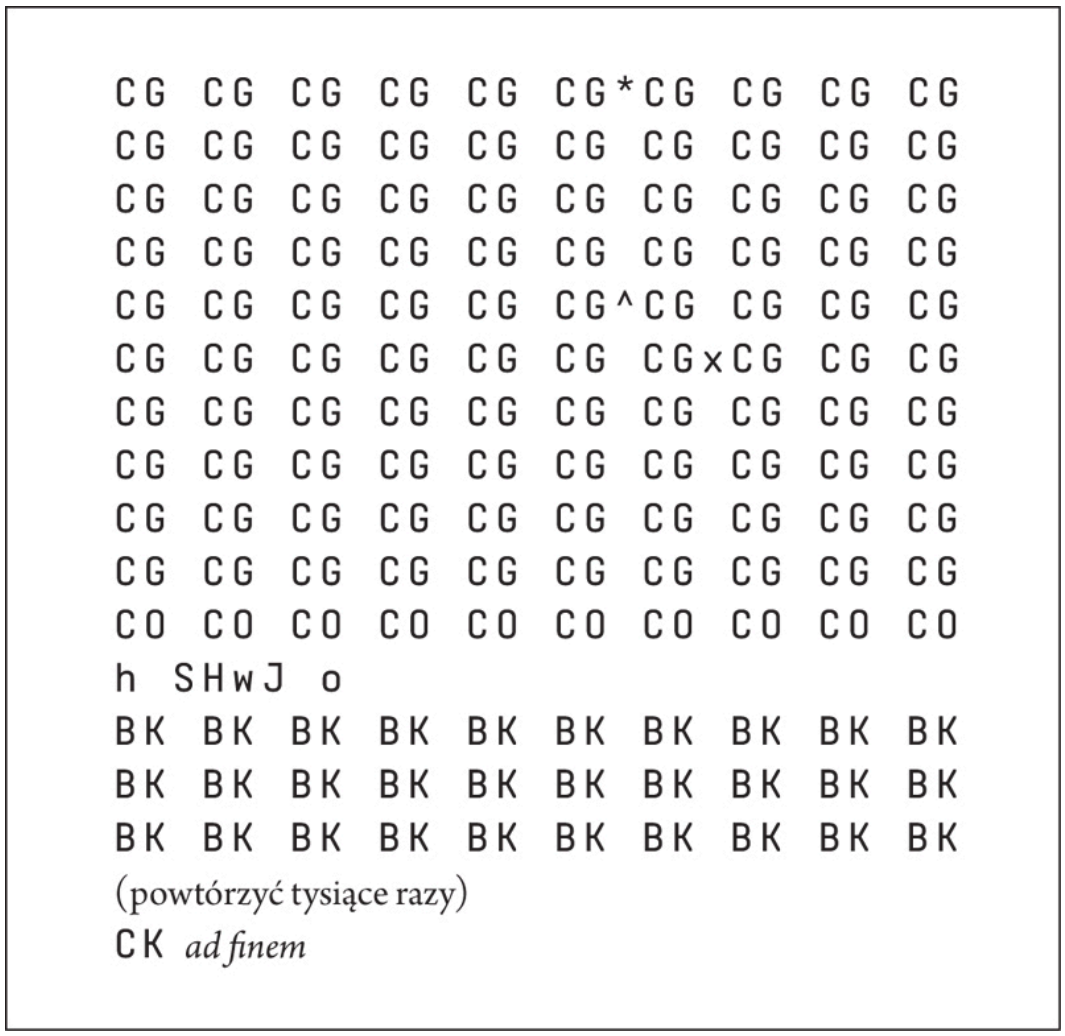
azylem dla naszych odległych potomków, o ile oczywiście zdołaliby na czas ewakuować się z rozpalonej Ziemi.

Jako czerwony olbrzym Słońce przetrwa kolejny miliard lat. Na tym etapie spali stopniowo jedną trzecią swojej masy, a potem w jego jądrze dojdzie do gwałtownego zapłonu helu, określanego mianem błysku helowego, podczas którego jedna trzecia pozostałej masy zamieni się w węgiel dosłownie w ciągu kilku minut. Od tej chwili Słońce zacznie się kurczyć, aż osiągnie rozmiar dziesięć razy większy od obecnego, cały czas spalając hel. Proces ten potrwa mniej więcej sto milionów lat. Kiedy wyczerpią się pokłady helu, gwiazda powtórnie wejdzie w fazę wzrostu, podobną do tej, którą przechodziła po wypaleniu wodoru, tyle że tym razem ekspansja będzie przebiegać znacznie szybciej i nowo powstały olbrzym przetrwa zaledwie dwadzieścia milionów lat. A potem zacznie się okres narastającej niestabilności. Na przestrzeni kolejnych kilkuset tysięcy lat rozjaśni się około czterech razy, jak przepalająca się żarówka. Każdy błysk będzie jaśniejszy od poprzedniego, aż w końcu eksploduje.

Jednak Słońce nie stanie się supernową, jest za małe. W trakcie wybuchu jedynie niewielka cząstka jego masy wyleci w przestrzeń kosmiczną. Reszta skurczy się do supergęstego jądra wielkości Ziemi – ekstremalnie zgniecionej kuli, składającej się głównie z węgla i tlenu. Owo jądro zacznie emitować intensywne światło ultrafioletowe, od którego powiększająca się bańka gazu powstała w wyniku eksplozji będzie się jarzyć zielenią i czerwienią. Pozostałości po Słońcu otoczy mgławica planetarna, tak piękna jak **cuda**[65] widoczne dziś na nieboskłonie. Ten stan, który utrzyma się przez kolejne dziesiątki tysięcy lat, można by porównać do przedostatniego taktu arii Händla z 1713 roku zatytułowanej *Eternal Source of Light Divine* [Wieczne źródło światła boskiego], kiedy po zakończeniu duetu trąbka wchodzi w wysokie D, choć we wcześniejszej części kompozycji nie zapuszczała się w takie rejony.

Następnie gazowa bańka się rozproszy i, jako że w jej jądrze nie będzie dochodzić do fuzji, pozostanie białym karłem wielkości Ziemi.

Nieznaczne pulsy występujące w obrębie jego własnej grawitacji wystarczą, by generować światło przez wiele bilionów lat, aż w końcu przeobrazi się w czarnego karła – gwiazdę zdegenerowaną, niezdolną do emitowania ani ciepła, ani światła. (Gdybyśmy chcieli zwizualizować sobie ów proces na tyle, na ile pozwalają nam granice naszej wyobraźni, być może przypominałby adagio Györgya Kurtága z 1994 roku pt. *Stele*). Najbardziej prawdopodobny scenariusz, który czeka naszego czarnego karła, będącego niegdyś Słońcem, przedstawia się następująco: po mniej więcej 10^{19} lat zostanie wyekspediowany z Galaktyki (wraz z pozostałymi planetami) w przestrzeń międzygalaktyczną. Jeśli jednak do tego nie dojdzie, wówczas, a dokładniej za około 10^{21} lat, być może zderzy się z innym czarnym karłem. Na skutek eksplozji supernowej typu Ia pozostałości Układu Słonecznego zostaną doszczętnie zniszczone. Jeżeli natomiast żadna z tych dwóch hipotez się nie sprawdzi, czarne Słońce będzie nadal orbitować wokół Galaktyki, powoli opadając w kierunku czarnej dziury znajdującej się w jej centrum. Jednak zanim w niej wyląduje – czyli za mniej więcej 10^{100} lat – czarna dziura zdąży wyparować. W takim przypadku poruszająca się ruchem spiralnym Ziemia w końcu wpadnie w to, co niegdyś było Słońcem, chyba że jakaś niespodziewana interakcja sił grawitacyjnych strąci ją z jego orbity prosto w otchłań zimnego, pustego wszechświata. A oto krótki, darmowy przewodnik po przeszłości, teraźniejszości i przyszłości Słońca, który można sobie wyciąć i zachować dla potomności:


CG CG CG CG CG CG*CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG^CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CGxCG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CG CG CG CG CG CG CG CG CG CG
CO CO CO CO CO CO CO CO CO CO
h SHwJ o
BK BK BK BK BK BK BK BK BK BK
BK BK BK BK BK BK BK BK BK BK
BK BK BK BK BK BK BK BK BK BK
(powtórzyć tysiące razy)
CK ad finem

Każda z par wielkich liter reprezentuje sto milionów lat w życiu Słońca. Skrót CG oznacza ciąg główny. Początki życia na Ziemi zostały oznaczone symbolem * pomiędzy sześćset- a siedemsetmilionowym rokiem po uformowaniu się Układu Słonecznego (mniej więcej cztery miliardy lat temu). Symbol ^ oznacza „jesteś tutaj”, a x określa czas, w którym najprawdopodobniej nastąpi koniec takiego życia na Ziemi, jakie znamy. CO to skrót od czerwony olbrzym, SHwJ – spalanie helu w jądrze, choć ten proces potrwa mniej niż sto milionów lat. Gdybyśmy chcieli liternictwem oddać proporcje i stosunek wielkości czerwonego olbrzyma do gwiazdy głównego ciągu, litery w symbolu CO musiałyby mieć prawie metr wysokości. Litera h to błysk helowy, o symbolizuje dziesiątki tysięcy lat, na przestrzeni których Słońce będzie mieć formę mgławicy planetarnej. BK to skrót od biały karzeł, a CK, analogicznie, czarny karzeł.

Mroczny cud: neutrino

„Światło może powiedzieć nam wiele – stwierdził specjalizujący się w naukach przyrodniczych dziewiętnastowieczny pisarz Richard Jefferies – jestem jednakże przekonany, iż z czasem odkryjemy istnienie daleko bardziej subtelnych i stonowanych mediów, które dadzą nam wgląd w pogrążone w cieniu fragmenty nieba". Tuż poza kręgiem światła, na samej krawędzi wiedzy, kryje się bowiem wiele rodzajów ciemności.

Światło niewidzialne zostało odkryte w 1800 roku przez Williama Herschla. W trakcie eksperymentu oświetlił pryzmat, uzyskując w ten sposób widmo optyczne światła widzialnego. Następnie umieścił termometr na ciemnym obszarze, tuż za krawędzią czerwieni, i zaobserwował, jak słupek rtęci idzie w górę. Na tej podstawie słusznie wydedukował, że za wzrost temperatury odpowiadają promienie cieplne, zwane dziś podczerwienią. Jak się okazuje, zaledwie nieco ponad czterdzieści procent fotonów docierających do Ziemi mieści się w zakresie światła widzialnego dla człowieka. Na pozostałe światło niemal w całości składają się podczerwień i ultrafiolet, odpowiednio, ponad pięćdziesiąt i niecałe pięć procent. Wszystkie trzy rodzaje światła są ważne dla życia na Ziemi, lecz być może najważniejsza jest podczerwień, która pozwala zachować planecie wystarczającą ilość ciepła, by mogły się na niej rozwijać żywe organizmy. Niektóre węże widzą **promieniowanie podczerwone**[66] – ciepło wydzielane przez ich ofiarę – podczas gdy wiele ptaków i owadów może również zobaczyć spektrum ultrafioletu. Doświadczane przez to bogactwo wizualne w palecie odbieranych barw wykracza poza granice naszej wyobraźni – mogą na przykład dostrzec wzory na płatkach kwiatów, które dla nas pozostają niewidzialne. Jednakże istnieje coś jeszcze bardziej osobliwego niż światło wylewające się ze Słońca, co jest całkowicie ukryte przed naszym wzrokiem.

Neutrina, podobnie jak fotony, to cząstki elementarne powstające w trakcie fuzji w jądrze Słońca, a także na skutek innych procesów i reakcji zachodzących we wszechświecie. Jednakże, w przeciwieństwie do fotonów, neutrina przenikają przez nas bez żadnego dostrzegalnego efektu. Opuszczają Słońce niemal natychmiast, i to bez borykania się z przeszkodami jak fotony. Podróżując z prędkością bliską prędkości światła, biliony neutrin przelatują przez nasze ciała w ciągu zaledwie jednej sekundy. Nawet nocą te słoneczne cząsteczki śmigają przez nas na okrągło, lecz wtedy lecą od dołu, przeniknąwszy skorupę ziemską. Jednym słowem, z ich perspektywy nie różnimy się niczym od duchów.

O neutrinach fantazjowano, jeszcze zanim je odkryto. W 1930 roku, szukając wyjaśnienia zachowania energii i pędu w chwili, gdy proton przekształca się w neutron (proces tzw. rozpadu beta), fizyk Wolfgang Pauli doszedł do wniosku, że musi założyć istnienie zupełnie nowej, niewidzialnej i dotychczas niewyobrażalnej cząstki. W tamtym czasie była to niezwykle śmiała hipoteza, co zresztą nie powinno dziwić, gdyż neutrina same w sobie to zjawisko nad wyraz osobliwe. Po pierwsze, są zdumiewająco małe – ich masa stanowi jedynie ułamek masy drugiej najmniejszej co do wielkości cząstki elementarnej, którą jest elektron. Po drugie, kiedy już powstaną, prawie w ogóle nie wchodzą w interakcje. Na przykład wedle szacunkowych obliczeń, by zatrzymać jedno neutrino, potrzebna byłaby tarcza z ołowiu o średniej grubości tysiąca lat świetlnych (9500 bilionów kilometrów). Nie zapominajmy, że to tylko wartość przybliżona, a do tego neutrina bardzo rzadko uderzają w jądro atomu obiektu o mniejszej masie i gęstości. Jednak to właśnie dzięki tym rzadkim przypadkom można wychwycić taką cząsteczkę, zyskując namacalny dowód na jej istnienie.

Pierwsze neutrina zostały zaobserwowane w latach pięćdziesiątych XX wieku i pochodziły nie ze Słońca, lecz z eksplozji supernowych – masywnych gwiazd u kresu swojej egzystencji – w głębokiej przestrzeni kosmicznej. W chwili gdy dochodzi do **wybuchu**[67] typowej supernowej, uwalniany jest noniliard, czyli 10^{57}, tych cząstek. Neutrina słoneczne

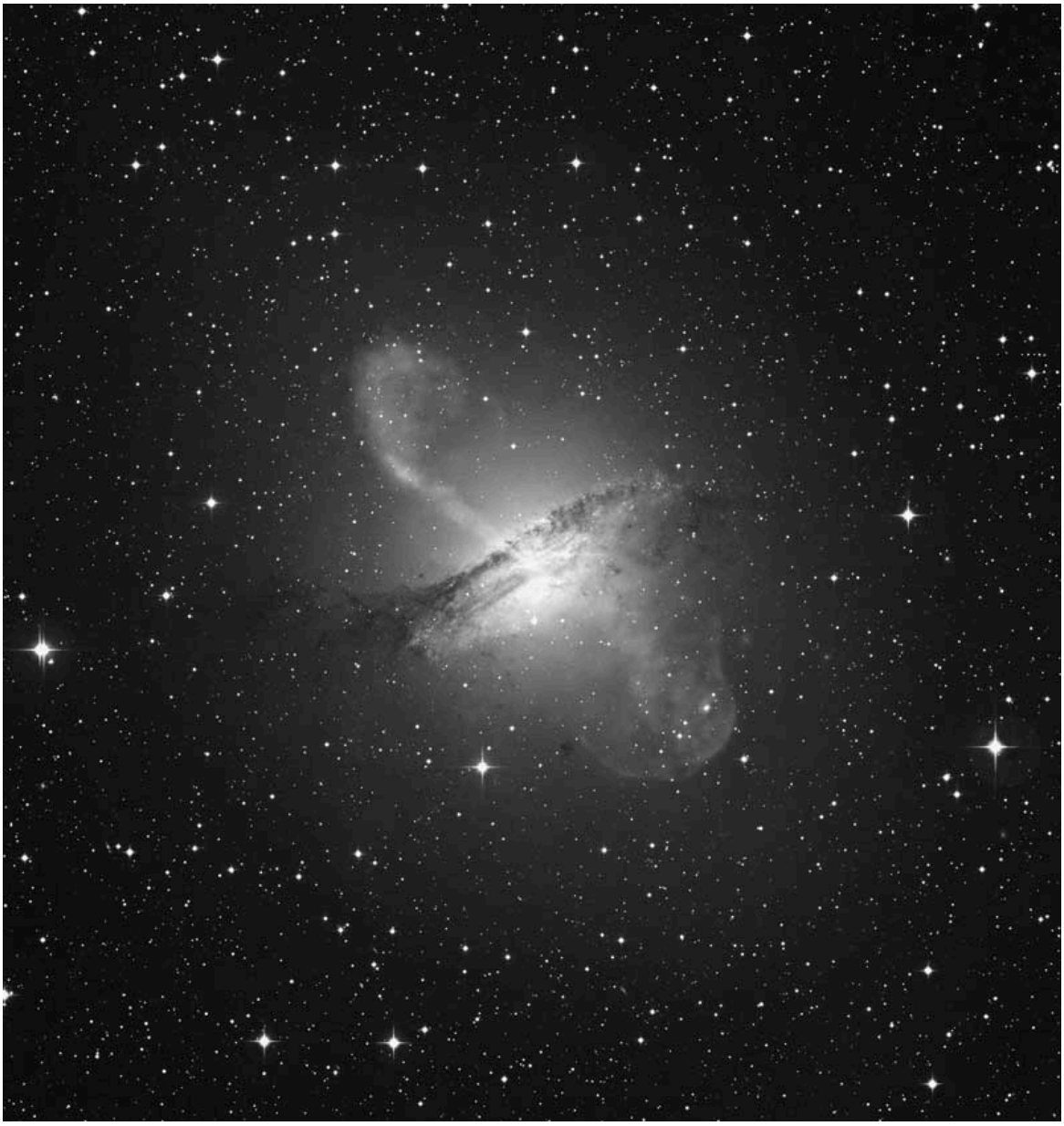
namierzono dopiero w kolejnej dekadzie, gdy fizyk Ray Davis, który nazywa się niemal jak lider zespołu The Kinks, opracował metodę wychwytywania neutrin. Wielki „teleskop" – tj. olbrzymi metalowy zbiornik, którego budowę sam nadzorował – umieścił głęboko pod ziemią, w starej kopalni na terenie Dakoty Południowej, a następnie wypełnił trzydziestoma ośmioma tysiącami litrów związku chloru. Każdego dnia średnio jedno neutrino wchodziło w reakcję z atomem chloru, przekształcając je w jądro argonu. Davisowi udała się rzecz niezwykła, a mianowicie znalazł sposób na wykrywanie rzeczonego argonu.

Jednak oprócz nikłego rozmiaru i nieuchwytności neutrina posiadają jeszcze inne dziwaczne cechy. Jedną z nich jest ich zmienna natura. Rodzaj każdej cząsteczki, czy też „stan zapachowy", charakteryzuje się płynnością. Przemierzając przestrzeń kosmiczną, neutrino oscyluje, co oznacza, że jeśli wejdzie w interakcję ze zwykłą materią, przeobraża się w jeden z trzech rodzajów naładowanych cząsteczek o odmiennych właściwościach, w zależności etapu oscylacji, na jakim się znajduje. Kolejną zagadką jest problem masy neutrin (nieistniejący w przypadku bezmasowych fotonów). Żeby wedle modelu standardowego cząsteczka miała masę, muszą istnieć zarówno wersje „prawostronne", jak i „lewostronne", jednak dotychczas zaobserwowano jedynie neutrina lewoskrętne, co w jakimś sensie stanowi zagadkę na miarę koanu: „jaki jest dźwięk klaskania jedną dłonią?". Odpowiedź na to pytanie, jeśli w ogóle istnieje, mogłaby pomóc wyjaśnić przewagę materii nad antymaterią we wszechświecie.

Mroczny cud: czarna dziura

Kolejny pogrążony w mroku punkt na granicy naszego pojmowania rzeczywistości stanowi natura czarnej dziury. Te słynne antyobiekty zawdzięczają swoje istnienie (czy też raczej nie-istnienie) całkowitemu wypaleniu się gwiazdy o dostatecznie dużej masie – zazwyczaj

przekraczającej dwudziestopięciokrotnie masę Słońca – która, jako że w jej wnętrzu nie dochodzi już do generującej energię fuzji, zapada się w sobie. Następnie eksploduje jako supernowa, emitując w przestrzeń kosmiczną ogromne ilości neutrin oraz elektromagnetycznego promieniowania. Jednocześnie jej jądro zapada się do wewnątrz, osiągając formę osobliwości: obszaru nieskończenie gęstej materii powodującej nieskończone zakrzywienie czasoprzestrzeni. Na tym etapie znane nam prawa fizyki zaczynają szwankować. Ogólna teoria względności przewiduje istnienie czarnych dziur, natomiast mechanika kwantowa prognozuje obecność tzw. **promieniowania Hawkinga**[68] w horyzoncie zdarzeń (tj. na granicy czarnej dziury oddzielającej ją od reszty wszechświata) – zjawiska, które wydaje się sprzeczne z założeniami teorii względności. W każdym razie nie do końca wiadomo, jak pogodzić te dwie koncepcje. Zagadek w tym obszarze jest jednak więcej, a próby ich rozwikłania doprowadziły fizyków do zdumiewających hipotez. Zdaniem niektórych czarne dziury mogą zakończyć swą egzystencję, przeistaczając się w dokładne przeciwieństwo siebie, czyli w „białe dziury" wypluwające całą zassaną dotąd materię i energię z powrotem w kosmos. Jak utrzymują inni, cały nasz wszechświat może wyglądać jak jedna wielka czarna dziura z perspektywy bytów zamieszkujących światy równoległe. Jeszcze inni twierdzą, że we wnętrzu czarnych dziur nieustannie powstają nowe wszechświaty albo że nasz zrodził się z hiperczarnej dziury, a co za tym idzie, Wielki Wybuch był jedynie mirażem powstałym w wyniku zapadnięcia się gwiazdy wyższego wymiaru. Znaleźli się też i tacy, którzy obliczyli wewnętrzną energię czarnej dziury, położenie jej horyzontu zdarzeń, a także inne parametry, by wykazać, że grawitacja to dzieło nieskończenie cienkich, wibrujących strun, które istnieją w dziesięciu wymiarach, zaś nasz wszechświat jest jedynie „hologramem".



W ogromnej galaktyce Centaurus A (NGC 5128) dżety wyrzucane prostopadle do jej płaszczyzny rotującej stanowią wyróżnik znajdującej się w jej centrum supermasywnej czarnej dziury.

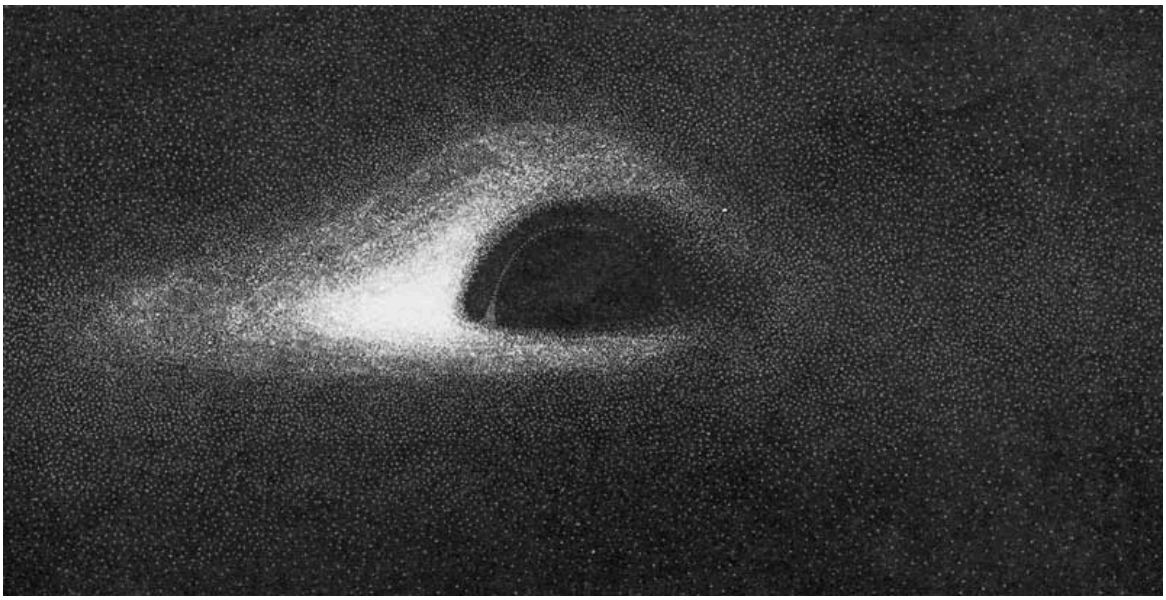
Niektóre czarne dziury są również odpowiedzialne za powstawanie najjaśniejszych obiektów w kosmosie. Wirując, zaginają otaczającą je czasoprzestrzeń, w wyniku czego wokół cienkiego pierścienia, nie jednego punktu, tworzy się wir przyciągający gaz, pył, gwiazdy i planety z najbliższych rejonów galaktyki, wprawia je w coraz szybszy ruch

i rozrywa. Efektem tego procesu są niewyobrażalnie wysokie temperatury oraz rozległe pola magnetyczne. Na przestrzeni tysięcy, a nieraz i milionów lat świetlnych, pola te wyrzucają w przestrzeń międzygalaktyczną niemal z prędkością światła strumienie materii, tzw. dżety, prostopadle do płaszczyzny rotującej. Jeśli czarna dziura jest wystarczająco masywna, odkształcenia grawitacyjne oraz tarcie na jej dysku akrecyjnym są w stanie wygenerować więcej światła i ciepła niż jakikolwiek obiekt we wszechświecie. Nazywa się to promieniowaniem kwazarów i obejmuje całe spektrum fal elektromagnetycznych, od fal radiowych i mikrofal o niskiej częstotliwości, przez podczerwień, ultrafiolet i promienie X, po promieniowanie gamma o wysokiej częstotliwości.

Najjaśniejszy kwazar, noszący jakże wdzięczną nazwę S5 0014+81, jest trzysta bilionów razy jaśniejszy niż wszystkie gwiazdy Drogi Mlecznej razem wzięte. W jego centrum znajduje się czarna dziura dziesięć tysięcy razy cięższa od swojej odpowiedniczki w naszej galaktyce, zaś względem masy Słońca jest czterdzieści miliardów razy bardziej masywna. Mówiąc o S5 0014+81, powinniśmy właściwie używać czasu przeszłego, gdyż ów kwazar oddalony jest od Ziemi o przeszło dwanaście miliardów lat świetlnych, co oznacza, że teleskopy pokazują nam go w kształcie sprzed ponad dwunastu miliardów lat.

W momencie, kiedy piszę te słowa, każda próba uchwycenia czarnej dziury to raczej wytwór ludzkiej pomysłowości i wyobraźni aniżeli jej rzeczywisty obraz. W filmie *Interstellar* z 2014 roku w wizji czarnej dziury stworzonej z pomocą fizyka Kipa Thorne'a widzimy coś na kształt leja lub okręgu czarnej pustki, który zagina światło znajdujących się wokół niego gwiazd (zjawisko znane jako soczewkowanie grawitacyjne). Wyrwa otoczona jest lśniącym dyskiem akrecyjnym, który również ulegając soczewkowaniu, wygina się u szczytu w „łuk ognia". Gdybyśmy mogli zobaczyć czarną dziurę, prawdopodobnie mniej więcej taki właśnie obraz ukazałby się naszym oczom. Jedynie światło wirujące wokół niej byłoby znacznie jaśniejsze od strony,

z której zbliżałoby się ku nam, przez co całość przypominałaby raczej spłaszczony sierp księżyca niż halo. Thorne umyślnie zrezygnował z tej asymetrii, nie chcąc utrudniać widzom odbioru wydarzeń na ekranie, jednak widać ją bardzo wyraźnie na obrazie z 1978 roku stworzonym przez astrofizyka, pisarza i poetę Jeana-Pierre'a Lumineta. Pracując na przestarzałym już w tamtych czasach komputerze IBM 7040 z lat sześćdziesiątych, wykorzystującym karty perforowane, nie miał możliwości stworzenia wizualizacji na ekranie, dlatego na podstawie zgromadzonych danych ręcznie wykonał rysunek, nanosząc pojedyncze kropki tuszu na negatyw fotograficzny.



Obraz czarnej dziury autorstwa Jeana-Pierre'a Lumineta.

Być może astronomom uda się wykonać pierwsze zdjęcie czarnej dziury, jeszcze zanim ta książka trafi w **wasze ręce**[69]. Jednak pod względem technicznym jest to nie lada wyzwanie: według przypuszczeń naukowców najbliższa czarna dziura jest skryta w jasnym, bardzo zwartym źródle radiowym o nazwie Sagittarius A*, w centrum Drogi Mlecznej, i oddalona od naszej planety o dwadzieścia sześć tysięcy lat świetlnych. Z takiej odległości rozmiarem przypominać może bajgla na powierzchni Księżyca, zaś do uchwycenia jej potrzeba teleskopu

o rozdzielczości ponad tysiąc razy wyższej niż rozdzielczość Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. W chwili gdy angielskie wydanie książki trafiało do druku, członkom międzynarodowego programu noszącego nazwę Kosmiczny Teleskop Horyzontu Zdarzeń udało się osiągnąć niezbędną precyzję do przeprowadzenia takiej obserwacji. Za pomocą zbiorczych informacji zebranych przez radioteleskopy rozmieszczone od Hawajów po Hiszpanię oraz od Arizony przez Chile po biegun południowy mają zamiar stworzyć obraz, który otrzymalibyśmy z pojedynczego teleskopu o średnicy rozwarcia przysłony równej średnicy Ziemi.

Również inne techniki z pewnością przyczynią się do głębszego zrozumienia natury czarnych dziur, a co za tym idzie, do zobrazowania ich rzeczywistego kształtu. W 2016 roku zespół składający się z niemal tysiąca naukowców zadziwił świat, donosząc o wykryciu „sygnału" wywołanego najprawdopodobniej przez fuzję dwóch czarnych dziur oddalonych od Ziemi o 1,3 miliarda lat świetlnych. Detektor fal grawitacyjnych LIGO (The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) – dwie oddalone od siebie o nieco ponad trzy tysiące kilometrów instalacje, z których każda zbudowana jest z dwóch ramion o długości czterech kilometrów stykających się ze sobą pod kątem prostym – zarejestrował zmianę w długości jednego ramienia względem drugiego rzędu jednej dziesięciotysięcznej średnicy protonu. To tak, jakby odległość do najbliższej gwiazdy zmieniła się o grubość włosa. W czasie badania przez Ziemię musiała przejść fala grawitacyjna, co potwierdziło ich istnienie – rozchodzących się z prędkością światła zmarszczek czasoprzestrzeni, które przed stu laty po raz pierwszy opisał Albert Einstein. Naukowcy stworzyli również symulację komputerową źródła owego sygnału: animację przedstawiającą dwie czarne dziury, które krążą wokół siebie, coraz bardziej się do siebie zbliżając i coraz bardziej przyspieszając, aż w pewnym momencie dochodzi do ich połączenia – jakby bańki na wodzie zlewające się ze sobą w wirze tuż nad otworem odpływowym. W przyszłości dzięki LIGO oraz innym systemom wykorzystującym te same zasady działania

prawdopodobnie będzie możliwe badanie czarnych dziur, gwiazd neutronowych oraz innych „ciemnych” zjawisk w sposób znacznie bardziej szczegółowy i precyzyjny. Co więcej, astronomowie coraz częściej będą mogli nie tylko obserwować wszechświat, ale i go **słuchać**[70].

Czarne dziury to nie jedyne pogrążone w mroku zjawiska na granicy naszego pojmowania. Zakładając słuszność niektórych teorii, ciemna materia i ciemna energia również funkcjonują przy tym skraju. Razem stanowią ponad dziewięćdziesiąt pięć procent całej masy i energii wszechświata, a mimo to zarówno jedna, jak i druga są nadal nie do wykrycia. Ciemna materia nie wchodzi w interakcję z żadnym fragmentem spektrum elektromagnetycznego i dlatego pozostaje niewidzialna. Jej istnienie sugerują jedynie wywierane przez nią efekty grawitacyjne, w szczególności tak szybkie poruszanie się galaktyki, przez które soczewkowanie grawitacyjne wywołuje tak znaczne zniekształcenia, że nie byłoby to możliwe w przypadku oddziaływania samej tylko materii widzialnej. Podobnie ma się rzecz z ciemną energią, której istnienie zdradza jedynie skutek jej działania, którym jest przyspieszenie ekspansji wszechświata. Wedle wiodącej, przynajmniej do niedawna, hipotezy na temat natury czarnej materii składa się ona ze słabo oddziałujących masywnych cząsteczek (tzw. WIMP-ów), które wchodzą w interakcję z widzialną materią jedynie poprzez grawitację oraz słabe siły jądrowe. Ta teoria okazała się szczególnie przydatna w próbach opisania historii kosmosu, jednak brak postępów w znalezieniu namacalnego dowodu istnienia tych cząstek budzi wątpliwości. Być może, jak sugerują naukowcy, ciemna materia ma formę supercieczy – kondensatu Bosego-Einsteina, który prawdopodobnie odpowiada za stan splątany („upiorne działanie na odległość”, jak sam to określił Einstein), w którym dochodzi do natychmiastowego oddziaływania z nieskończoną prędkością (choć może sensowniej byłoby stwierdzić, że odbywa się ono poza czasem). Jednak niektórzy współcześni fizycy wątpią w istnienie zarówno

ciemnej energii, jak i ciemnej materii, argumentując, że teorie takie jak zmodyfikowana dynamika newtonowska, wedle której grawitacja nie maleje wraz z odległością, są w stanie wyjaśnić zaobserwowane zjawiska. Rozstrzygnięcie tej zagadki przyniosą zapewne dalsze badania, natomiast dziś wiele wskazuje na to, że błądzimy po omacku podobnie jak nasi przodkowie, którzy przed tysiącami lat bezskutecznie próbowali zgłębić naturę światła.

Wiele pytań wciąż pozostaje bez odpowiedzi. Na przykład, co leży poza krawędzią widzialnego wszechświata? Czy rozpościera się za nią nieskończony ciąg tego, co już znamy – zdumiewająco piękna kosmiczna sieć galaktyk? Czy może zakres naszego wszechświata jest ograniczony, mimo że podobnie jak powierzchnia kuli nie ma on początku ani końca, a jeśli tak, to czy istnieje możliwość, że wszechświat, którego zaledwie wycinek dane jest nam oglądać, to tylko jedna spośród wielu innych kosmicznych baniek?

Henry Thoreau opisuje, jak w pewien listopadowy dzień wybrał się na spacer tuż przed zapadnięciem zmierzchu. Nagle słońce przebiło się przez szare chmury i opromieniło krajobraz. Świat muśnięty **światłem**[71], które „jeszcze chwilę wcześniej [...] było czymś niemożliwym", stał się prawdziwym rajem. Dla Thoreau fakt, iż w przyszłości taki zmierzch powtarzać się będzie „na wieki przez nieskończoną ilość wieczorów", czyni go jeszcze wspanialszym. Łatwo zatem identyfikować się z reprezentowanym przez niego podejściem: nawet jeśli Słońce jest bytem skończonym w kosmologicznych ramach czasowych, mierzone w skali historii ludzkości staje się wieczne.

Kiedy piszę te słowa w październikowy poranek, przez okna wlewa się do pokoju wyjątkowo jasne światło słoneczne. Minął niemal miesiąc, odkąd ostatni raz doświadczyłem takiego blasku, gdy wywiozłem mojego ojca na wózku inwalidzkim na spacer, po tym jak trafił do szpitala po otarciu się o śmierć. Wydobywając się na moment **z otchłani**[72] zapomnienia, w której niemal zniknął, ojciec, zachwycony spływającym na nas światłem, powiedział, że jest piękne. I dziś ten

słoneczny blask znów wydaje się najwspanialszym darem. „Nie rozumiem czasu – pisał Richard Jefferies. – Teraźniejszość jest **wiecznością**[73]. Tkwię w samym jej sercu. Jestem tylko ja w promieniach słońca". Gdy wpatruję się w głęboki błękit nieba nad moją głową, mam poczucie, że dokładnie taki sam obraz miał przed oczami dziewiętnastowieczny krytyk sztuki John Ruskin, gdy pisał o „widzialnym raju". I żywię głęboką nadzieję, że uda mi się wchłonąć choć trochę jego energii, by mi starczyło na długie, ciemne miesiące, które mam przed sobą.

„Połowę dni naszych przepędzamy w cieniu Ziemi – pisał siedemnastowieczny lekarz Thomas Browne – zaś brat śmierci pozbawia nas trzeciej części żywota". Bo my, żyjący, **przesypiamy**[74] kres egzystencji każdego dnia. Jednak każdego ranka, podlegli rytmowi doby, wedle którego funkcjonowali nasi przodkowie od czasów proterozoiku, budzimy się i blask promieni słonecznych wdzięczy się na dzień dobry. Światło ze starego, dobrego Słońca nie potrafi wskrzesić umarłych (choć naświetlanie promieniami z fragmentu spektrum sąsiadującego z podczerwienią może pomóc w leczeniu ran oraz łagodzeniu bólu). I pewnego dnia samo umrze. Ale dziś promienieje w całej swej okazałości i pozwala nam dostrzegać blask w oczach innych żywych istot.

2

FORMOWANIE SIĘ ŚWIETLISTYCH CIAŁ Z BLASKU WSZECHŚWIATA

Życie

Świat, choć istnieje, nadal jest stwarzany...
Wciąż widzimy dopiero początek aktu stworzenia.

John Muir

Życie jest samopodtrzymującym się systemem chemicznym, zdolnym do wprowadzania innowacji i podlegającym darwinowskiej ewolucji.

Gerald Joyce

Ciągle pada ten sam deszcz, ten sam deszcz, który padał na dinozaury.

Nick Cope

Światła powoli gasną, a ostatni widzowie zajmują miejsca wokół okrągłej sceny. Teatr jest pełen perlistych odgłosów wydawanych przez tropikalne ptaki, z oddali dochodzą pomruki dziwnych zwierząt. Wzdłuż krawędzi sceny ustawiono wielkie elektryczne wiatraki, skierowane do wewnątrz; ich śmigła są obudowane żelaznymi klatkami wielkości opon samochodowych. Pośrodku tego kręgu znajduje się kobieta w długim, czarnym płaszczu. Kładzie na ziemi

cienką plastikową torebkę i za pomocą nożyczek oraz taśmy klejącej zaczyna tworzyć z niej dwuwymiarową postać z rękami w kształcie spłaszczonych rurek i małym, kwadratowym woreczkiem w miejscu głowy. Ucha torby, obciążone małymi monetami, stają się nogami i stopami ludzika. Następnie kobieta umieszcza plastikową figurkę w centralnym punkcie sceny i wiatraki zaczynają się kręcić. Z głośników wydobywa się dźwięk fletu, który sunąc w dół i w górę, dwukrotnie wygrywa w odstępach trytonu, po czym wspina się jeszcze wyżej, żeby wskoczyć w oktawę. To sam początek *Preludium do „Popołudnia fauna"* Claude'a Debussy'ego. W miarę jak do fletu dołączają harfy, smyczki i instrumenty dęte, a muzyka prześlizguje się przez ais, e, gis, cis, b, d i wraca do e, kiedy to obój podchwytuje motyw przewodni, rozwija go, po czym przekazuje z powrotem fletowi. Torebka w kształcie ludzika zaczyna powoli i opornie obracać się na swych obciążonych stopach, podtrzymywana dmuchaniem wiatraków. W chwili gdy flet wchodzi na cis, żeby po raz czwarty powtórzyć motyw otwierający, w czym naśladuje go teraz drugi flet, figurka jest już całkiem wyprostowana i zaczyna się przesuwać. Wkrótce będzie skakać i tańczyć niczym dziarski homunkulus. W ciągu następnych kilku minut, podczas gdy muzyka kroczy raźno przed siebie, coraz bardziej ożywiona, a nowa melodia niesie całą orkiestrę wyżej i wyżej tylko po to, by mogła znów łagodnie opaść wśród wirujących fraz, kobieta wyciąga z kieszeni kolejne plastikowe ludziki, jednego za drugim, jak iluzjonista wydobywający znikąd nieskończoną ilość chusteczek, a każdy z nich nadyma się powietrzem i staje częścią wielkiej kolumny wirujących nad jej głową maleńkich, figlarnych tancerzy. Spektakl jest doprawdy komiczny – garść starych torebek jakimś cudem unoszących się wpasowuje się idealnie w barwny krajobraz dźwiękowy namalowany przez Debussy'ego – ale jednocześnie hipnotyzująco piękny, wprawiający widza w niekłamany zachwyt.

Na początku

Wiele mitów o powstaniu świata zakłada udział czynnika ponadnaturalnego – kogoś w rodzaju taumaturga albo reżysera teatralnego, ale o nieporównanie większych zdolnościach – który formuje życie z całkiem pospolitych materiałów. Na przykład w chińskiej mitologii bogini Nüwa ulepiła pierwszych ludzi z żółtej gleby i błota. Angielskie słowo *human* wywodzi się z indoeuropejskiego określenia gleby – pochodzi od niego także nazwa „humus". Hebrajski *adam*, czyli „człowiek", jest spokrewniony z *adamah*, czyli „ziemią"; według Biblii pierwszy człowiek powstał z **gliny**[75] – bardzo zwyczajnego surowca, w który tchnęła życie boska istota.

Dziś umiemy już nieco dokładniej określić, z których materiałów powstało życie na Ziemi i podać listę naszych składników, jakbyśmy byli puszką zupy: każdy z nas składa się głównie z wody (około 57 procent) z dodatkiem białek, węglowodanów (czy też cukrów), tłuszczów i aminokwasów. Możemy też wymienić tworzące nas pierwiastki oraz precyzyjnie obliczyć ich ilość. Zaledwie trzy z nich – **wodór**[76], tlen i węgiel – odpowiadają aż za 93 procent naszego organizmu, a kolejne 6 procent to azot, wapń i fosfor. Ten ostatni był jednym z pierwszych zidentyfikowanych pierwiastków. W 1685 roku pamiętnikarz John Evelyn opisał prezentację z udziałem fosforu, który został pozyskany z ludzkiej krwi i moczu:

> Dr Slayer pokazał nam zachwycający eksperyment. Wlał bardzo zimną ciecz do szklanego naczynia, a następnie dolał inny płyn, sądząc z wyglądu, również zimny i przejrzysty. Najpierw w naczyniu wytworzyła się biała chmura, potem zawartość zagotowała się i pojawiły się w niej rozmaite iskry oraz najprawdziwsze płomienie. Po wstrząśnięciu mieszanka rzucała na ściany naczynia idealnie okrągłe kule ognia, które przywierały do szkła, tworząc płonące gwałtownie konstelacje, przypominające gwiazdy i inne ciała niebieskie, i trwało to przez dłuższy czas. Zjawisko zdawało się ilustrować teorię wyłaniania się światła z chaosu oraz formowania się świetlistych ciał z blasku wszechświata.

Sześć pierwiastków – wodór, tlen, węgiel, azot, wapń i fosfor – składa się na dziewięćdziesiąt dziewięć procent ludzkiego ciała. Ten ostatni procent to w większości potas, siarka, sód, chlor i magnez, natomiast ponad pół tuzina innych pierwiastków – w tym żelazo, miedź, cynk, selen, nikiel, mangan, molibden i kobalt – występuje w naszym organizmie w **ilościach śladowych**[77]. Ale skąd te wszystkie pierwiastki się tam wzięły?

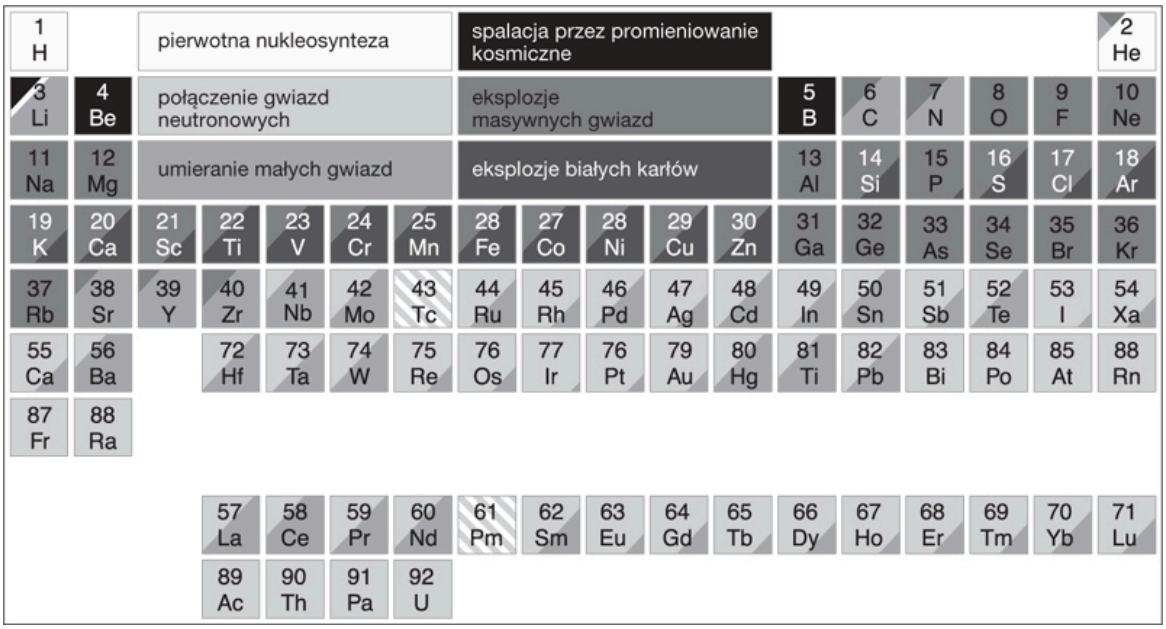
Historia wszystkiego

Jak powiedział kiedyś astronom Carl Sagan, jeśli chcesz upiec szarlotkę, musisz najpierw stworzyć wszechświat. Można by też dodać: jeśli chcesz zrozumieć, skąd wzięło się życie na Ziemi, musisz najpierw poznać historię wszystkiego, co istnieje. Najwcześniejszy moment, do którego obecnie jesteśmy w stanie się cofnąć, to **Wielki Wybuch**[78], który miał miejsce mniej więcej 13,8 miliarda lat temu. Wszechświat był wówczas niewyobrażalnie gorący i gęsty. Kwarki i inne cząstki elementarne, takie jak elektrony, zaczęły się formować w ciągu jednej miliardowej sekundy, a po kilku milionowych sekundy kwarki połączyły się w trójki, tworząc protony i neutrony. Jakieś trzy minuty później, w ramach procesu zwanego pierwotną nukleosyntezą, z pierwszych protonów i neutronów zaczęły powstawać jądra wodoru i helu. Podczas gdy wszechświat stopniowo się rozszerzał i ochładzał, kolejne procesy zachodziły coraz wolniej. Około trzystu osiemdziesięciu tysięcy lat po Wielkim Wybuchu większość elektronów krążyła już po orbitach wokół tych jąder, tworząc atomy wodoru i helu. Teraz, gdy elektrony były przypisane do atomów, fotony mogły zacząć swobodnie się przemieszczać. To wtedy pojawiło się pierwsze światło, którego ślady są nadal widoczne jako **mikrofalowe promieniowanie tła**[79].

Miliony lat później, gdy wszechświat ostygł jeszcze bardziej, grawitacja zaczęła formować **gwiazdy**[80] i galaktyki z chmur

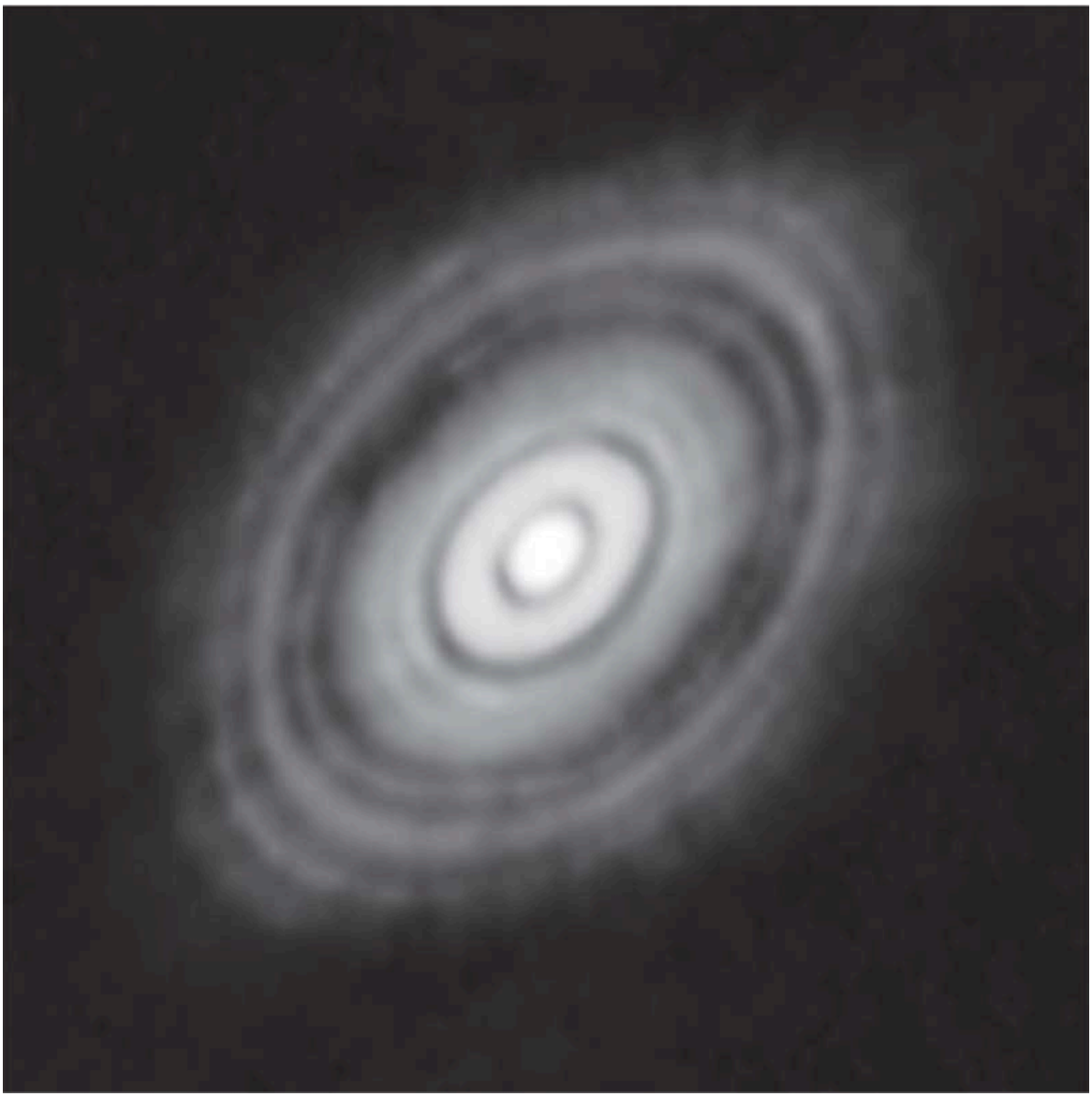
molekularnego gazu. Z czasem, i proces ten trwa do dziś, w alembikach kolejnych generacji gwiazd zaczęły się wytwarzać i nieustannie przekształcać cięższe pierwiastki, jak węgiel, tlen, azot i żelazo. W ramach tzw. procesu 3-α, który zachodzi wewnątrz gwiazd ciągu głównego, trzy atomy helu (każdy składający się z dwóch protonów i dwóch neutronów) zmieniają się w jeden węgla (sześć protonów i sześć neutronów), który następnie może połączyć się z dodatkowym atomem helu, żeby utworzyć tlen (osiem protonów i osiem neutronów). W końcowej, wybuchowej fazie życia gwiazdy, wytwarza pierwiastki o coraz większej masie atomowej, łącznie z żelazem (dwadzieścia sześć protonów i, zazwyczaj, trzydzieści neutronów).

Jeśli gwiazda jest dostatecznie masywna, jej zapadnięcie się prowadzi do odbicia i eksplozji określanej jako supernowa, tak jasnej, że na moment przyćmiewa całą galaktykę. Supernowa w kilka tygodni bądź miesięcy wydziela tyle samo energii, ile zwykła gwiazda, taka jak nasze Słońce, przez miliardy lat. Ciśnienie i temperatura w tym krótkim okresie przed całkowitym zaniknięciem supernowej są o wiele większe niż przez cały wcześniejszy okres istnienia gwiazdy. Wynikiem wybuchu są duże ilości żelaza, jak również wielu cięższych pierwiastków, w tym przynajmniej jednego – jodu (pięćdziesiąt trzy protony), który jest koniecznym składnikiem życia takiego, jakim je znamy. Fosfor, kolejny pierwiastek niezbędny do powstania organizmów, syntetyzuje się w wyjątkowo dużych supernowych nazywanych hipernowymi. Potrzebny roślinom (i być może także zwierzętom) bor powstaje, kiedy promieniowanie kosmiczne – które składa się z cząsteczek niosących gigantyczny ładunek energii i które stanowi pochodną właśnie takiego rodzaju masywnych eksplozji – uderza w cięższe pierwiastki i rozbija je na lżejsze. Złoto (na pewno miło je mieć, ale nie jest niezbędne do życia) wytwarza się prawdopodobnie w wyniku ultragwałtownych kolizji gwiazd neutronowych, najgęstszych (pomijając czarne dziury) znanych nam obiektów we wszechświecie.



Pierwiastki w naszym Układzie Słonecznym powstały z zapadających się, łączących się ze sobą, plujących materią oraz eksplodujących gwiazd.

Eksplozje supernowej i hipernowej sprawiają, że stworzone przez nie pierwiastki są wyrzucane w przestrzeń i trafiają do ośrodka międzygwiazdowego – swego rodzaju „mgły" składającej się głównie z wodoru i helu, ale mniej więcej jeden procent stanowią także cięższe atomy. Mgiełka ta jest bardzo rozrzedzona – ma gęstość około jednego atomu na centymetr sześcienny (lepszej próżni nigdy nie udało się uzyskać na Ziemi) – ale i tak jest sto tysięcy razy gęstsza niż przestrzeń pomiędzy galaktykami. A w miejscach relatywnej koncentracji chmur molekularnych ich części składowe zaczynają wywierać na siebie wzajemne oddziaływanie grawitacyjne i czasem udaje im się przyciągnąć dostateczną ilość materii, by mogła uformować się nowa generacja gwiazd i planet.



Protoplanetarny dysk wokół gwiazdy HL Tauri.

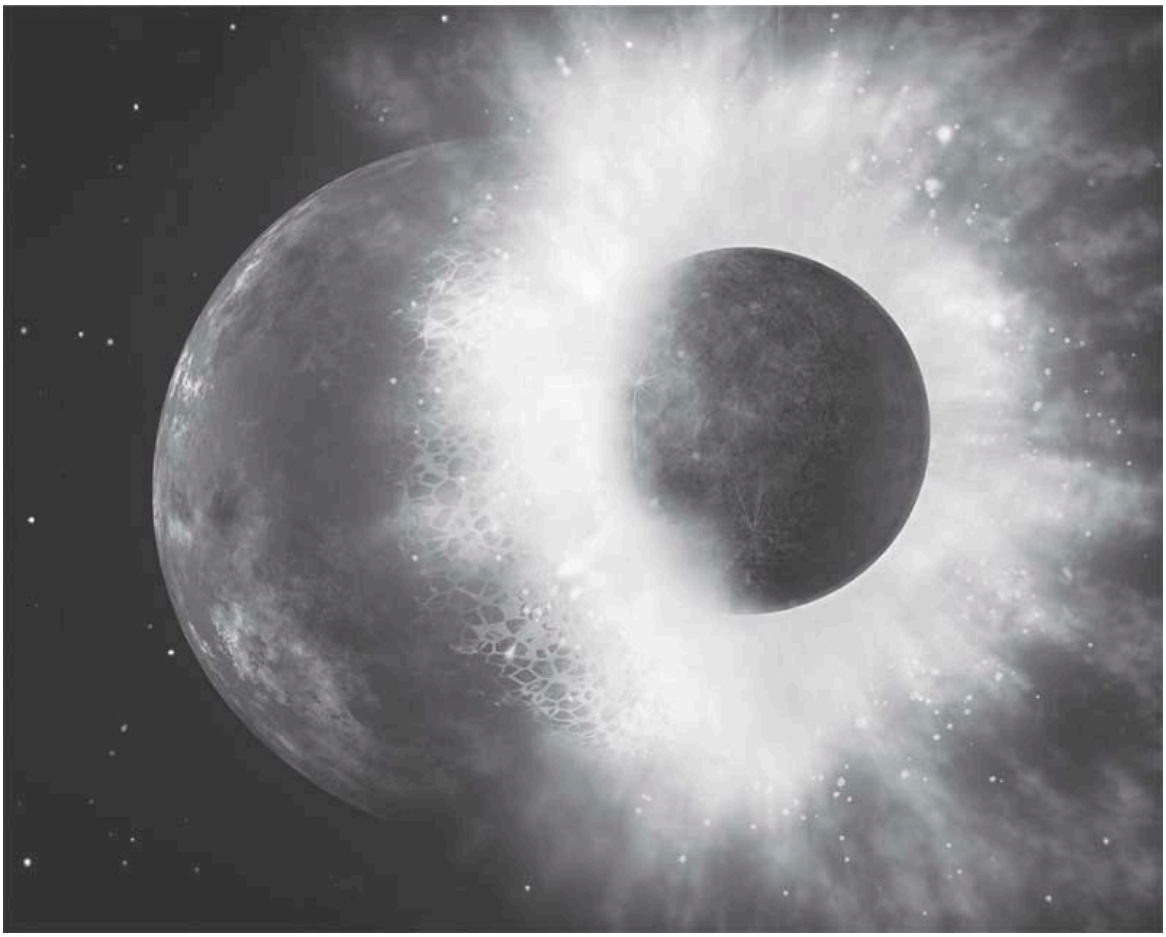
Historia Ziemi zaczyna się około 4,6 miliarda lat temu, kiedy pozostałe 0,04 procent łącznej masy Układu Słonecznego, które nie było częścią Słońca, utworzyło wokół niego dysk z kosmicznego pyłu. Co ciekawe, astronomom ostatnio udało się wykonać zdjęcia protoplanetarnego dysku, który zapewne wygląda podobnie jak nasz w tamtym czasie. Gwiazda HL Tauri, oddalona od Ziemi o jakieś czterysta pięćdziesiąt milionów lat świetlnych, ma zaledwie około miliona lat (a dokładniej tyle ma na obrazie, który do nas dociera),

wydaje się jednak, że wokół niej już teraz tworzą się planety. I w obrębie takiego właśnie dysku z kosmicznych gruzów uformowała się proto-Ziemia, przez niektórych określana mianem Tellus, przybierając postać kuli mniej więcej rozmiaru Wenus, czyli nieco mniejszej niż obecnie. Następnie, dziesiątki milionów lat później – zgodnie z teorią wielkiego zderzenia – inna planeta, mniej więcej wielkości Marsa, której astronomowie nadali nazwę Thea (od greckiej bogini będącej matką Księżyca), uderzyła w Ziemię i podejrzewa się, że była to raczej czołowa kraksa niż lekkie otarcie. Kolizja z obiektem o masie wynoszącej około jednej dziesiątej obecnej masy Ziemi wygenerowała energię sto milionów razy większą niż upadek asteroidy z krateru Chicxulub, która doprowadziła do wyginięcia dinozaurów – wystarczyło, żeby obie planety stopiły się ze sobą i wymieszały. Ciosy w twarz, które przyjmował Robert de Niro jako Jake LaMotta we *Wściekłym byku* to przy tym małe piwo. Wielki fragment odłamał się i uformował Księżyc, podczas gdy pozostała bryła szybko odzyskała swój kulisty kształt za sprawą grawitacji. Uderzenie przechyliło jednak oś planety o około 23,5° – dając początek zjawisku, które w wysokich szerokościach geograficznych nazywamy porami roku.

Wszystko to wydarzyło się na początku pierwszego eonu Ziemi, hadeiku, który trwał od 4,54 do 4 miliardów lat temu. Nazwa, słusznie kojarząca się z Hadesem, światem podziemnym z mitologii greckiej, wywodzi się w istocie od słowa oznaczającego „niewidoczne", co wydaje się o tyle trafne, że hadeik nie zostawił po sobie prawie żadnych widocznych śladów. To, że czegoś nie widzimy, nie znaczy jednak, że nie jesteśmy w stanie tego poznać. Naukowcy konstruują bowiem wiarygodne scenariusze doniosłych zmian, które musiały zajść w tamtym czasie. Wyciągają logiczne wnioski i na ich podstawie proponują podział hadeiku na mniejsze segmenty, o nazwach takich jak „okres prokrustejski" czy **„okres prometejski"**[81]. Szczegółowa animacja lub projekcja w technice wirtualnej rzeczywistości oparta na tych hipotezach byłaby co najmniej równie fascynująca jak obrazy

zaprezentowane w *Voyage of Time* Terrence'a Malicka czy *Infernie* Wernera Herzoga.

Na początku nowo uformowaną Ziemię otaczała gęsta i niesamowicie gorąca chmura odparowanych skał, która po kilku tysiącach lat ochłodziła się i skondensowała. Zaledwie dziesięć milionów lat później sama planeta ostygła na tyle, by na powierzchni mogła utworzyć się twarda skalna skorupa, w większości pokryta wodą i otoczona atmosferą składającą się głównie z azotu i dwutlenku węgla. Ale dla Ziemi to nie był jeszcze koniec burzliwej młodości. W okresie znanym jako Wielkie Bombardowanie, trwającym mniej więcej od 4,1 do 3,8 miliarda lat temu, w nasz glob najprawdopodobniej wielokrotnie uderzały planetozymale o różnej wielkości. Tysiące z nich miały około dwudziestu kilometrów średnicy, czyli były maleńkie w porównaniu z Theą, ale znacznie większe od asteroidy Chicxulub. Kilka mogło mierzyć ponad pięćset kilometrów wszerz – tyle wystarczyło, aby unicestwić ogromne połacie skalistej powierzchni Ziemi i sprawić, by spora część, a może i cała zawartość oceanów wyparowała, zostawiając po sobie jedynie stopioną sól. Gdyby dało się spojrzeć przez nieprzepuszczalną warstwę atmosfery, widok przypominałby pewnie pustkowie, które Muminek z przyjaciółmi znajduje na morskim dnie w *Komecie nad Doliną Muminków* po zniknięciu całej wody. Mimo to w ciągu kilku tysięcy lat atmosfera z powrotem się ochłodziła, a niewyobrażalnie intensywne deszcze ponownie napełniły oceany.



Wizualizacja zderzenia Thei z Ziemią.

Nasze pojęcie o początkach życia jest równie mgliste jak niebo w okresie późnego hadeiku lub wczesnego archaiku (następnego w kolejności eonu). Ale jedno nie pozostawia wątpliwości – spacer po powierzchni tej planety około czterech miliardów lat temu byłby niezapomnianym przeżyciem. Ziemia obracała się wtedy o wiele szybciej niż dzisiaj, a dzień i noc trwały po pięć, sześć godzin. Nad głową z rzadka tylko dałoby się ujrzeć rozgwieżdżone niebo, ponieważ atmosfera była pełna dymu i pyłu, ale za to nieboskłon regularnie przecinały spadające gwiazdy. Słońce świeciło słabo, o ile w ogóle przebijało się przez gęsty smog. **Księżyc**[82] był oddalony o zaledwie jedną trzecią obecnego dystansu – przy pozornej średnicy prawie trzy

razy większej i powierzchni osiem razy większej niż dzisiaj, wydawałby się nam absolutnie gigantyczny.

Wyobraźmy sobie, że znaleźliśmy się w tamtych czasach i stoimy na kamienistym brzegu wulkanicznej wyspy. Temperatura powietrza wynosi około siedemdziesięciu stopni Celsjusza, więc jest goręcej niż w Dolinie Śmierci, ale chłodniej niż w **saunie**[83]. Atmosfera składa się głównie z azotu i dwutlenku węgla. Żeby przeżyć, potrzebujemy więc zarówno aparatury chłodzącej, jak i sprzętu do oddychania. W oddali widzimy inne wyspy wynurzające się z morza, niektóre to aktywne wulkany. Skała pod naszymi nogami jest ciemną lawą, a wszystkie szczeliny wypełnia pył wulkaniczny. Gdzieś nieopodal kipią gorące źródła. Woda morska ma zielonkawy odcień z powodu wysokiej zawartości nieutlenionego żelaza. Białe osady wysuszonej soli na magmowej skale wskazują miejsca, gdzie wyparowały niewielkie baseny pływowe. Słodkowodne stawy położone kilka metrów nad plażą nieustannie napełniają się wodą deszczową, która następnie spływa kaskadami po zboczach wzgórz tylko po to, by wyschnąć we wszechobecnym żarze. Nagle krajobraz rozjaśnia oślepiający blask, gdy świetlista biała smuga bezgłośnie przecina niebo i wpada do morza tuż za horyzontem. To asteroida o średnicy około stu metrów, która weszła w atmosferę z prędkością dwudziestu kilometrów na sekundę i runęła do oceanu kilka kilometrów dalej; każdego dnia ma miejsce wiele podobnych uderzeń. Zbliżająca się do brzegu cienka, ciemna linia na tafli wody to wywołana upadkiem asteroidy fala tsunami. Jeśli w porę przeniesiemy się na wyżej położony teren i umkniemy przed powodzią, być może uda się nam zobaczyć ogromne fale pływowe, wysokie na przeszło sto metrów, wywoływane przez siłę przyciągania gigantycznego Księżyca.

Woda

„Jak wszystkie głębokie tajemnice – napisała w latach czterdziestych Nan Shepherd w *The Living Mountain* [Żywa góra], swoich refleksjach na temat szkockich gór Cairngorm – woda wydaje mi się przerażająca w swej prostocie. Wytryskuje ze skały i odpływa w siną dal. Wytryskuje i odpływa, nieprzerwanie, od zawsze. Nie robi nic, absolutnie nic, poza byciem sobą". Wizja Shepherd jest fascynująca, ale – przynajmniej w tym fragmencie – pisarka przeoczyła jedną z kluczowych właściwości wody. Bo chociaż sprawia wrażenie, jakby płynęła bez końca, całkowicie obojętna na nasze istnienie, w istocie uczestniczy we wszystkim, co dzieje się na Ziemi.

Wspominając dziecięce lata spędzone nad rzeką Otter w hrabstwie Devon, Samuel Taylor Coleridge (1772–1834) przyrównywał akt świadomego przeszukiwania własnej pamięci do **ruchu wioślaka**[84] sunącego po tafli wody. Metafora ta jest bardziej trafna, niż przypuszczał jej autor. Ludzki mózg unosi się w bańce płynu mózgowo-rdzeniowego, który składa się w dziewięćdziesięciu dziewięciu procentach z wody, dzięki czemu utrzymuje neutralną pływalność. Nasze myśli, podobnie jak wioślaki, dosłownie unoszą się na wodzie.

Właściwości wody, dzięki którym możliwe jest istnienie zarówno owadów, jak i ludzi, wynikają z konkretnej konfiguracji atomów w każdej cząsteczce. Pojedynczy, znacznie większy atom tlenu ma przyłączone dwa mniejsze atomy wodoru, na wzór uszu Myszki Miki, a pożyczywszy od nich obu ich elektrony, przyjmuje ujemny ładunek elektryczny, podczas gdy dwa wodory otrzymują ładunek dodatni. W rezultacie powstaje cząsteczka posiadająca biegun dodatni i ujemny (odpowiednio: podbródek i uszy Mikiego), a tym samym gotowa do tworzenia połączeń (plus do minusa) z innymi cząsteczkami wody. To wiązanie się cząsteczek stoi u podstaw napięcia powierzchniowego, dzięki któremu nartniki utrzymują się na wodzie, czy zjawisk kapilarnych, które rośliny i drzewa wykorzystują do wypychania

pionowo w górę życiodajnych soków. Mechanizm ten ułatwia także ziemski cykl hydrologiczny, ponieważ spaja **krople deszczu**[85] i odpowiada za stabilność lodu.

Cząsteczki wody lubią się ze sobą łączyć, ale gdy zmieszać je z molekułami innych płynnych substancji, wykazują jeszcze jedną niezwykłą cechę: są doskonałym rozpuszczalnikiem. Ujemne i dodatnie bieguny każdej cząsteczki przyłączają się do naładowanych atomów (jonów) w innych cząsteczkach. W przypadku pospolitych substancji takich jak cukier czy sól proces ten zachodzi szybko, ale w perspektywie długoterminowej podlega mu także większość rodzajów skał, które są **wypłukiwane**[86] kawałek po kawałku, choć z punktu widzenia człowieka trwa to niewyobrażalnie długo. Niezrównana zdolność do rozpuszczania i przenoszenia innych związków chemicznych czyni wodę idealnym nośnikiem, w którym mogło powstać i wyewoluować życie.

W czasach Nan Shepherd pochodzenie wody stanowiło zagadkę i aż do lat osiemdziesiątych XX wieku astronomowie mieli bardzo nikłe pojęcie o tym, skąd się wzięła i w jaki sposób rozprzestrzeniła się we wszechświecie. Dziś wiemy już, że stanowi produkt uboczny tworzenia się gwiazd. Procesowi temu towarzyszą gwałtowne emisje gazu i pyłu, co wywołuje fale uderzeniowe, które sprężają i rozgrzewają okoliczny ośrodek międzygwiazdowy, formując przy tym cząsteczki wody (dwa atomy wodoru, jeden tlenu) z atomowych części składowych materii międzygwiazdowej. Ta nowo powstała woda może unosić się w przestrzeni kosmicznej niemal bez końca albo zostać wciągnięta w cykl formowania się nowych gwiazd i otaczających je planet. Niektóre badania sugerują, że nawet połowa wody na Ziemi może być starsza od samego Układu Słonecznego; co druga molekuła w każdej kropli deszczu może mieć więcej lat od Słońca.

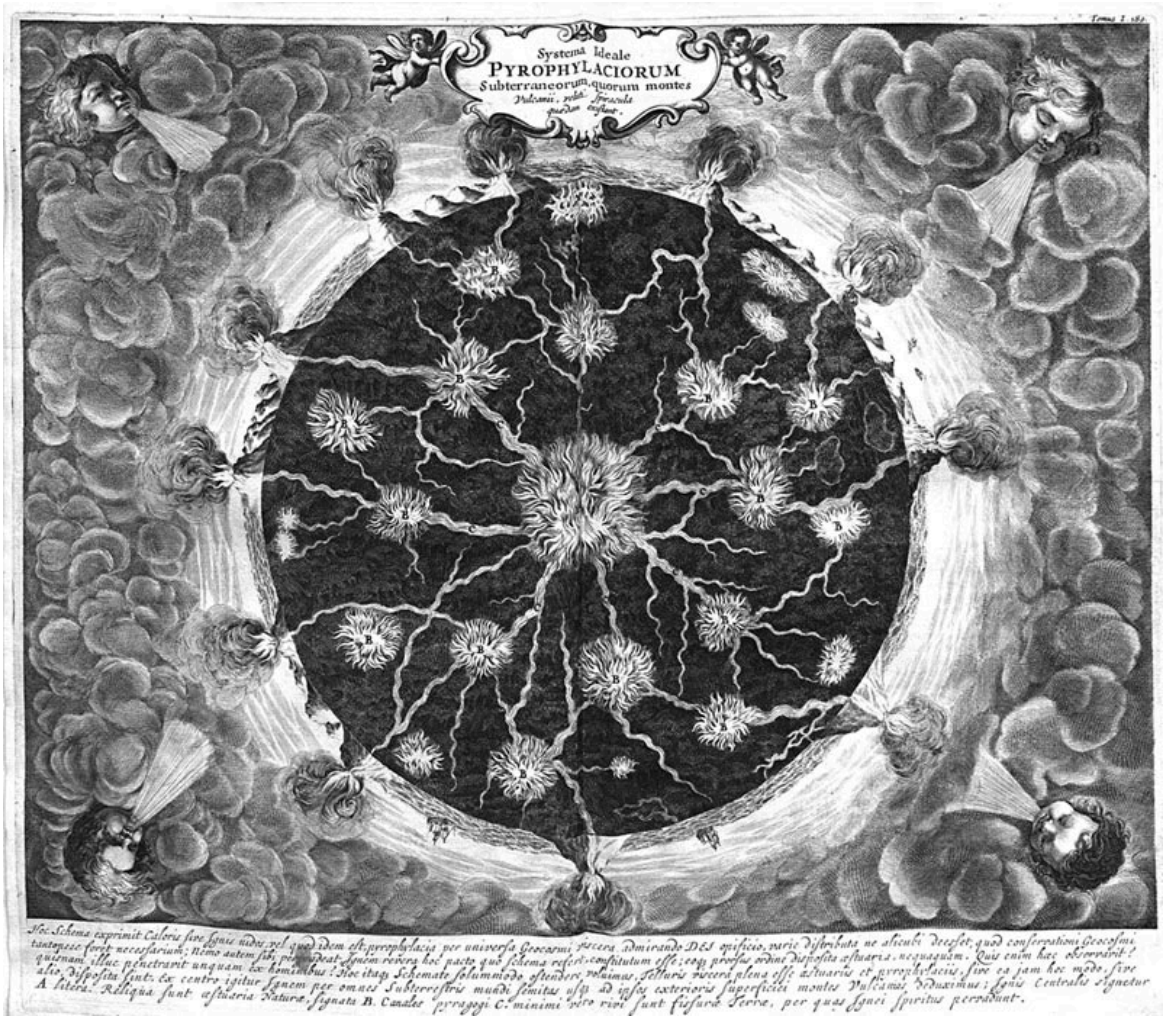
W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat astronomowie znaleźli ślady wody niemal w każdym zakątku kosmosu, do którego zaglądali. Chmura wody otaczająca kwazar w ultrajasnej galaktyce podczerwonej

APM 08279+5255 zawiera jej około stu czterdziestu bilionów razy więcej (zgromadzonej wokół masywnej czarnej dziury) niż wszystkie oceany Ziemi razem wzięte. Mgławica Oriona w naszej Galaktyce wytwarza codziennie wystarczająco dużo wody, by móc nią napełnić ziemskie oceany sześćdziesiąt razy. Woda występuje także w gigantycznych molekularnych chmurach pomiędzy gwiazdami, w protoplanetarnych dyskach pyłu wokół gwiazd i (jak zakładają naukowcy) na wielu spośród miliardów planet orbitujących wokół innych gwiazd, czyli tzw. egzoplanet. Choć te nieprzeliczone ciała niebieskie są w przeważającej części znacznie większe od Ziemi, spora ich liczba jest zbliżona rozmiarem do naszego globu i w większości bądź całkowicie pokryta wodą albo w postaci skorupy lodowej, albo falujących oceanów głębokich na dziesiątki czy nawet setki kilometrów.

W wodę obfitują także zewnętrzne planety naszego Układu Słonecznego oraz ich księżyce. Jowisz, Saturn, Uran i Neptun mają wszystkie w swoich gęstych atmosferach znaczące ilości pary wodnej. Księżyce Jowisza, Europa i Kallisto, są pokryte lodem grubości wielu kilometrów, pod którym kryją się głębokie oceany okalające skalisty rdzeń. Pierścienie Saturna składają się niemal w całości z odłamków lodu, nieustannie się obracających i odbijających światło. Księżyc Saturna Enceladus jest także cały oblodzony, ale pod tą skorupą znajduje się ocean ogrzewany siłą grawitacji gigantycznej planety, która nieustannie wzburza wnętrze księżyca. W efekcie Enceladus, niczym wynurzający się wieloryb, tryska **płynną wodą**[87] przez gejzery na jego powierzchni. Wyrzucona w górę ciecz albo spada z powrotem na powierzchnię, albo odpływa w przestrzeń, aby dołączyć do pierścienia E, jednego z najbardziej zewnętrznych kręgów wokół Saturna. Miranda, najbliższy i najmniejszy z pięciu księżyców Urana, również składa się w większości z wody. Jego lodowe klify wysokie na pięć kilometrów to najwyższe tego typu obiekty w Układzie Słonecznym.

Pluton oraz jego największy księżyc Charon obracają się wokół wspólnego punktu jak para tancerzy na parkiecie. Na obu ciałach

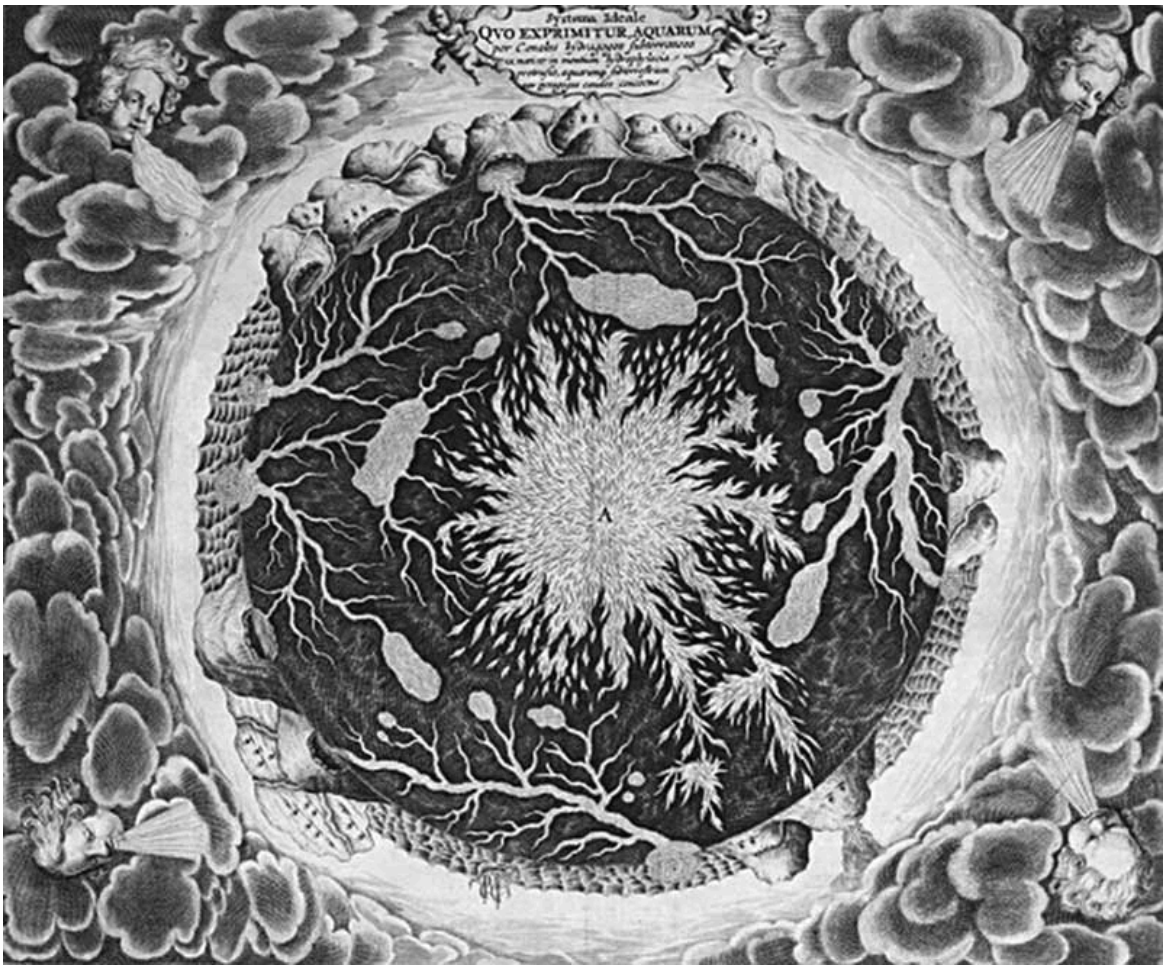
niebieskich występuje surowy krajobraz, którego widok zadziwił astronomów, kiedy pierwszy raz mogli go zobaczyć w 2015 roku. Na Plutonie twarde jak skała góry lodowe unoszą się na względnie miękkim, brejowatym podłożu z azotowych lodowców. (Gdzieś pod tym puddingiem może znajdować się płynny słonowodny ocean sięgający jakieś sto kilometrów w głąb). W przeciwieństwie do mitycznych istot, którym zawdzięczają swoje imiona, Pluton i Charon nie są ucieleśnieniami śmierci (co sugerowałoby wcześniejsze istnienie życia), tylko raczej świata, w którym życie nigdy się nie narodziło. To nie stan zawieszenia pomiędzy życiem a śmiercią, który duch Achillesa w Hadesie opisuje żyjącemu wciąż Odyseuszowi, ani straszliwe zaświaty przedstawione przez Philipa Pullmana w *Bursztynowej lunecie*. To prostota i spokój w najczystszej postaci.



„Wulkan ma swoje laboratoria, warsztaty i kuźnie w najgłębszych trzewiach Natury”, *Mundus subterraneus*.

Na większości skalistych planet wewnętrznych Układu Słonecznego występuje bardzo niewiele wody – choć, co doprawdy zadziwiające, pewna ilość lodu znajduje się na północnym i południowym biegunie Merkurego, na dnie kraterów, gdzie jest permanentnie osłonięty przed dziennymi temperaturami przekraczającymi czterysta stopni Celsjusza. Wenus mogła mieć kiedyś, bardzo dawno temu, bogate zasoby wody, ale praktycznie w całości wyparowały w wyniku galopującego efektu cieplarnianego. Natomiast północną część Marsa pokrywał niegdyś wielki ocean. Kiedy uderzyły w niego meteoryty, powstały fale tsunami wysokie na sto dwadzieścia metrów, które zalały wybrzeża. Ale i ten

ocean całkiem wyparował miliardy lat temu i – o tyle, o ile jesteśmy w stanie to stwierdzić – jedyne ślady wody, które pozostały na powierzchni czerwonej planety, mają postać lodu. Zamarznięte czapy na biegunach Marsa, które jako pierwszy wypatrzył Giovanni Cassini w 1666 roku, mają łączną objętość odrobinę większą niż pokrywa lodowa Grenlandii. Znaczące ilości lodu kryją się tam także tuż pod powierzchnią na wysokich i, w mniejszym stopniu, średnich szerokościach geograficznych, a w okolicy równika znajduje się niewielkie zamarznięte morze, objętością równe Morzu Północnemu. Mars posiada nawet lodowce, ale płynna woda, którą odnaleziono w 2015 roku, wydaje się ograniczona do kilku strużek gęstej solanki na ścianach kraterów i wąwozów. W przeważającej mierze na krajobraz składają się suche kanały, kaniony i kratery, skały i pył. Jedyne morza to morza piasku.



„Pływy przepychają olbrzymie ilości wody przez zamaskowane i tajemne przejścia na dnie Oceanu, wciskając je w najbardziej intymne trzewia Ziemi", *Mundus subterraneus.*

Ziemia stanowi oczywiście **wyjątek na tle reszty Układu Słonecznego**[88], ponieważ jest w siedemdziesięciu procentach pokryta ciekłą wodą, sięgającą średnio na głębokość czterech kilometrów. Pod względem warunków sprzyjających rozwojowi życia nasza planeta znalazła złoty środek, podczas gdy Wenus okazuje się za gorąca, a Mars za mały. Ale woda znajdująca się na powierzchni Ziemi to tylko część większej całości. Jej obecność we **wnętrzu planety**[89] odgrywa bowiem kluczową rolę w historii powstania życia.

Podczas swojej wizyty na Malcie w 1635 roku jezuicki ksiądz i uczony Athanasius Kircher zachwycił się tamtejszą śródlądową laguną, a zwłaszcza jaskiniami i długimi, naturalnie wyrzeźbionymi

korytarzami wwiercającymi się daleko w głąb skały. Kiedy w drodze powrotnej do Rzymu zatrzymał się na Sycylii, zaobserwował zjawisko, które wspólnie z obserwacjami poczynionymi podczas pobytu na Malcie miało ukształtować jego światopogląd. Żeglując przez Cieśninę Mesyńską, jego statek napotkał wir opisany przez Kirchera jako „przepastna pustka", a potem wszyscy na pokładzie patrzyli oniemiali, jak Etna wypuszcza wielkie kłęby gęstego dymu, które następnie przesłoniły całą wyspę. Wychodząc na brzeg, usłyszeli dźwięk kojarzący się z „nieskończoną ilością pędzących przed siebie rydwanów", a chwilę potem zwaliło ich z nóg „straszliwe trzęsienie ziemi". Aby uciec przed „wszechobecną destrukcją", Kircher i jego ludzie wrócili na statek i popłynęli dalej wzdłuż wybrzeża, znajdując jedynie „sceny budzące grozę", aż zobaczyli wulkaniczną wyspę Stromboli, buchającą płomieniami przy akompaniamencie wyraźnie słyszalnego huku, choć dzieliły ich od niej setki kilometrów. Te tragiczne wydarzenia – zginęły wtedy tysiące ludzi – tylko spotęgowały fascynację Kirchera „cudami świata podziemnego" i postanowił zbadać, czy wydarzenia na Malcie i na Sycylii mogą być powiązane.

Kircher został polihistorem, czyli mistrzem wielu sztuk. Opracował na przykład projekt kociego pianina, w którym dźwięki różnej wysokości uzyskiwałoby się poprzez ciągnięcie za ogon odpowiednich kotów. Ale do jego największych osiągnięć zalicza się dziwne i piękne dzieło *Mundus subterraneus* [Świat podziemny] opublikowane w 1665 roku. Wyłożył w nim między innymi swoją teorię zasad funkcjonowania wnętrza Ziemi. Jego zdaniem wulkanizm był efektem cyrkulacji gigantycznych pożarów płonących w „wydrążonych komnatach i ukrytych jamach", które ciągnęły się w głąb aż do jądra Ziemi. Same wulkany nazwał „plującymi ogniem otworami wentylacyjnymi, odpowietrznikami Natury". Dalej tłumaczył, że pływy przepychały olbrzymie ilości wody przez rozliczne „zamaskowane i tajemne przejścia na dnie Oceanu" i wciskały je „w najbardziej intymne trzewia Ziemi". Gdzieś u wybrzeży Norwegii, jak przekonywał, na morzu

utworzył się potężny **wir**[90], a wessana przez niego woda mijała środek Ziemi, ochładzając ją i wzbogacając o składniki odżywcze, po czym wypływała przez analogiczny otwór na biegunie południowym. Kircher wielokrotnie przyrównywał także ruch wody na Ziemi do obiegu krwi w organizmie, zgodnie z teoriami działającego niemal w tym samym okresie lekarza Williama Harveya.

Choć pod wieloma względami Kircher bardzo rozminął się z prawdą (woda rzecz jasna nie przepływa wartkim strumieniem przez wnętrze planety), jego wizje stanowiły krok we właściwym kierunku. Wulkany leżące na tej samej granicy pomiędzy płytami tektonicznymi, takie jak Etna i Stromboli, rzeczywiście są ze sobą połączone. A w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat naukowcy ustalili, że woda faktycznie przenika przez skorupę ziemską i wędruje w głąb, do płaszcza, tyle że odbywa się to w geologicznej skali czasowej. W skałach w strefie przejściowej, czyli mniej więcej od czterystu do sześciuset pięćdziesięciu kilometrów pod powierzchnią (być może nawet **głębiej**[91]), gdzie ciśnienie przekracza sto tysięcy atmosfer, a temperatura tysiąc stopni Celsjusza, zmagazynowane są pokłady wody odpowiadające zawartości od jednego do trzech oceanów. Woda ta, wciągana pod ziemię w procesie subdukcji, tzn. kiedy jedna kontynentalna płyta litosferyczna wsuwa się pod drugą, czyni skały bardziej lepkimi, podobnie jak ciecz dodana do zagniatanego ciasta. W dalszej części rozdziału przekonamy się, że ma to wpływ na powstawanie i ciągłość życia na Ziemi.

Musielibyśmy zejść **naprawdę głęboko**[92], żeby dotrzeć do miejsca całkiem pozbawionego wody. I nawet na naszym Księżycu, który na pierwszy rzut oka wydaje się suchy jak pieprz, blisko powierzchni występuje jej dostatecznie dużo, że naukowcy między innymi z NASA badają, w jaki sposób dałoby się ją wydobywać w celu pozyskania z niej tlenu i paliwa na potrzeby przyszłych misji. Natomiast obecność w księżycowym regolicie sera Wensleydale oraz innych gatunków wykazana przez Wallace'a i Gromita podczas ich ekspedycji w 1989 roku nadal pozostaje niewyjaśniona.

Węgiel

Jeśli woda jest idealnym nośnikiem dla życia, to – ujmując rzecz w uproszczeniu – węgiel jest jego istotą. Fundamentalną tego przyczyną jest niesamowita wręcz wszechstronność węgla – jego atomy łączą się zarówno ze sobą nawzajem, jak i z innymi pierwiastkami, takimi jak wodór, tlen, azot czy siarka, z którymi tworzy nawet do czterech wiązań naraz. Zamarznięta woda zawsze przyjmuje tę samą strukturę kryształu, ale atomy węgla w różnych temperaturach potrafią tworzyć długie łańcuchy, splecione pierścienie, sieci o skomplikowanych rozgałęzieniach – niemal dowolny kształt. Oznacza to, że mogą stać się podstawą cząsteczek o bardzo rozmaitych właściwościach. Znanych jest około dziesięciu milionów konfiguracji – od kryształów, z których tworzy się diament, jedna z najtwardszych istniejących substancji, po miękki i niemal tłusty w dotyku grafit. A to jedynie ułamek teoretycznie możliwych związków węgla. W organizmach żywych węgiel stanowi podstawę aminokwasów, białek, węglowodanów i tłuszczów. Nawet wielka wszechstronność i zmienność, jaką osiągnął w swojej muzyce Debussy, nie może się równać z możliwościami węgla.

Sto procent węgla występującego na Ziemi utworzyło się miliardy lat temu z lżejszych pierwiastków będących częścią gwiazd. Jednak jednym z najbardziej zadziwiających odkryć ostatnich kilku lat było uświadomienie, jak bardzo rozpowszechnione we wszechświecie są cząsteczki bogate w węgiel, mogące służyć za budulec życia. Przyjmuje się na przykład, że ponad dwadzieścia procent całego węgla w kosmosie jest częścią wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), zawierających przeplatające się pierścienie sześciu atomów węgla. WWA występują powszechnie w pyle międzygwiezdnym i prawdopodobnie zaczęły się tworzyć niedługo po Wielkim Wybuchu. Tymczasem niektóre obszary Galaktyki, na przykład Droga Mleczna, są bogate w oparty na węglu mrówczan etylu, któremu maliny i rum zawdzięczają swój charakterystyczny zapach. W 2012 roku naukowcy

wykazali, że WWA mogą przechodzić transformację w warunkach panujących podczas formowania się gwiazd i egzoplanet; przybierają wówczas jeszcze bardziej złożone formy, będące przyczynkiem do powstania aminokwasów i nukleotydów – surowców cząsteczek białka czy DNA, niezbędnych do powstania życia. Również w 2012 roku astronomowie zidentyfikowali cukier o nazwie glikoaldehyd w układzie gwiazd podwójnych oddalonym o mniej więcej czterysta lat świetlnych od Ziemi. Glikoaldehyd jest ważnym składnikiem RNA, na bazie którego prawdopodobnie wykształciło się DNA. W 2014 roku ogłoszono pierwsze odkrycie w przestrzeni międzygwiezdnej bogatej w węgiel cząsteczki o rozgałęziającej się strukturze. To znalezisko, tłumaczyli badacze, dobrze wróżyło potencjalnej obecności w kosmosie aminokwasów o rozgałęzionych łańcuchach. I wreszcie w 2015 roku naukowcy z NASA oznajmili, że próbki pirymidyny, zbudowanego z węgla i azotu związku o pierścieniowej strukturze cząsteczki, który odnajdywano wcześniej na meteorytach, pod wpływem światła ultrafioletowego o wysokiej mocy przekształca się w trzy spośród podstawowych komponentów DNA.

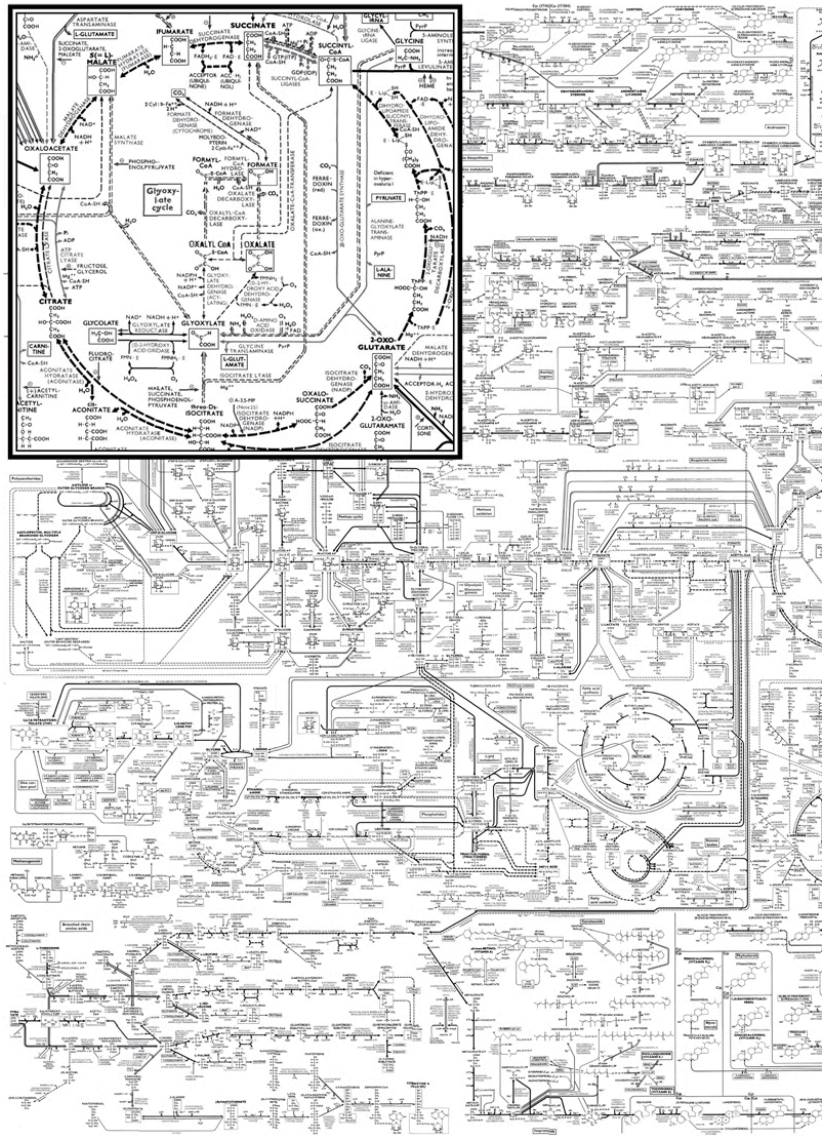
Zręby porządku

Życie to coś więcej niż zestaw związków chemicznych, choćby najbardziej niezwykłych. Jak pokazuje grafika na stronach 104–105, nawet najprostsze formy życia, jak na przykład komórki bakteryjne, są niewiarygodnie wręcz złożone – zachodzą w nich skomplikowane interakcje pomiędzy milionami cząsteczek przeprowadzających niezliczone i współzależne reakcje chemiczne. Jak podobne zjawiska mogłyby zaistnieć bez pomocy jakiejś zewnętrznej siły porządkującej? Kolejną zagadką jest to, że na pierwszy rzut oka życie wydaje się **przeczyć**[93] drugiej zasadzie termodynamiki – fundamentalnemu prawu fizyki głoszącemu, że z biegiem czasu każdy układ staje się bardziej nieuporządkowany: kawa stygnie, kwiaty więdną, upływ lat

ściera na proch nasze marzenia, a skarpetki znikają, chociaż pamiętamy, że na sto procent zostawiliśmy je właśnie tutaj. Zatem w jaki sposób życie nieskończenie odnawia się poprzez generowanie, rozwój i ewolucję coraz to nowych istot?

Na wszystkie te pytania istnieją dobre odpowiedzi (może z wyjątkiem problemu skarpetek). Jeśli chodzi o złożoność i porządek, w odpowiednich okolicznościach relatywnie małe części faktycznie wchodzą w interakcje i samoistnie się organizują, tworząc wzory, procesy i schematy zachowań, które są nowe, złożone i niekoniecznie możliwe do przewidzenia na podstawie elementów składowych. Co więcej, pozorna sprzeczność z drugą zasadą termodynamiki w rzeczywistości okazuje się sposobem na usprawnienie jej działania. Nowe, bardziej skomplikowane i uporządkowane schematy, procesy i zachowania podtrzymują się poprzez tworzenie małego, lokalnego porządku wewnątrz siebie kosztem większego chaosu w zewnętrznym środowisku. Coś jak pozytywna wersja raju podatkowego. Nazywamy to emergencją.

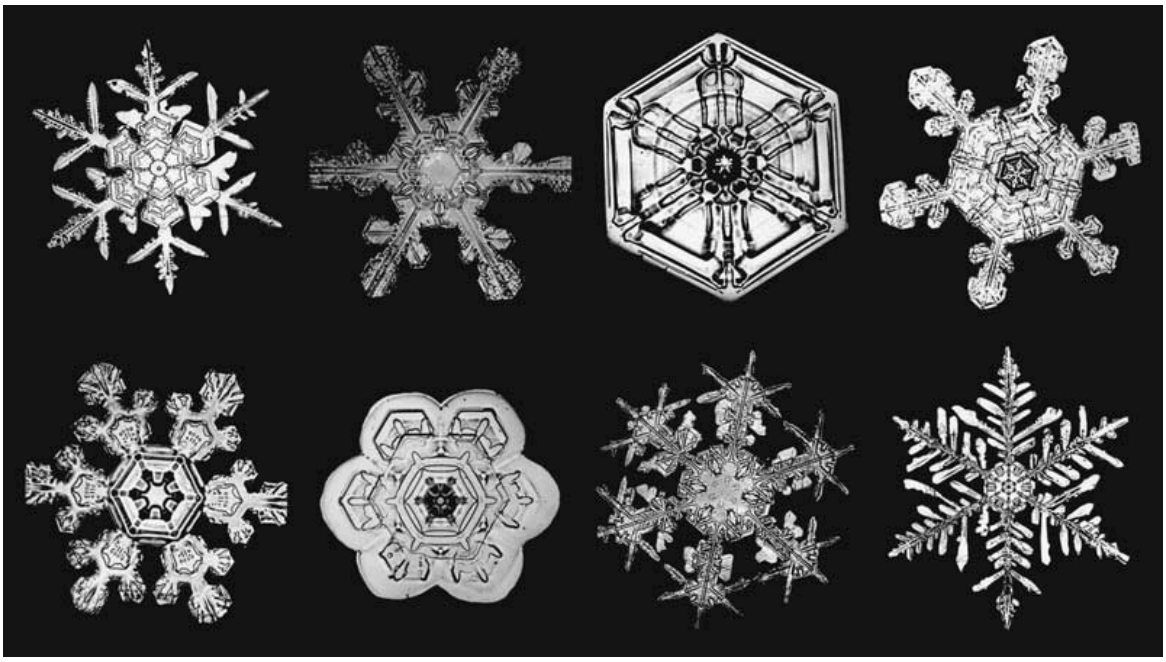
Gdy ująć sprawę w ten sposób, brzmi dość prosto, ale natura emergencji jest wciąż w wielu przypadkach słabo rozumiana i nawet jeśli ktoś zdoła ją **lepiej wytłumaczyć**[94], jestem gotów iść o zakład, że dla wielu z nas zjawisko to, podobnie jak wspaniała muzyka, pozostanie czymś zadziwiającym i zachwycającym.



Główne szlaki metaboliczne wewnątrz komórki oraz schemat cyklu kwasu cytrynowego.

Złożoność i regularność wyłaniają się w systemach nieożywionych we wszechświecie na każdym wyobrażalnym poziomie i w każdej wyobrażalnej skali. Na przestrzeni miliardów lat galaktyki dążą do większego uporządkowania, w miarę jak wzrasta szybkość ich obrotów, a ich materia przybiera kształt wirującego dysku. Na Ziemi, w odpowiednich warunkach, w ciągu sekund i minut powstają miliony płatków śniegu – maleńkie kryształki lodu o **sześciostronnej**

symetrii[95], wytrącające się z pary wodnej pod wpływem zimnego powietrza, najczęściej tworzące się wokół mikroskopijnych cząsteczek takich jak drobinki pyłu. Wbrew intuicji nowo tworzący się lód jest w rzeczywistości cieplejszy od jego bezpośredniego otoczenia, ponieważ proces zamarzania uwalnia ciepło. Zgodnie z drugim prawem termodynamiki energia „chce" się jak najprędzej rozproszyć. Przyrost nowych kryształów następuje najszybciej w tych miejscach, gdzie najszybciej odprowadzane jest ciepło, czyli z reguły w samych rogach. W ten sposób tworzy się pozytywne sprzężenie zwrotne: punkty kryształu rosnące najszybciej stają się coraz ostrzejsze, co umożliwia lepsze przenoszenie ciepła, a to z kolei pozwala na jeszcze szybszy przyrost. Drobne nieregularności strukturalne wspólnie z wahaniami wilgotności i temperatury powietrza w trakcie spadania płatków przekładają się na ich niemal nieskończoną różnorodność.



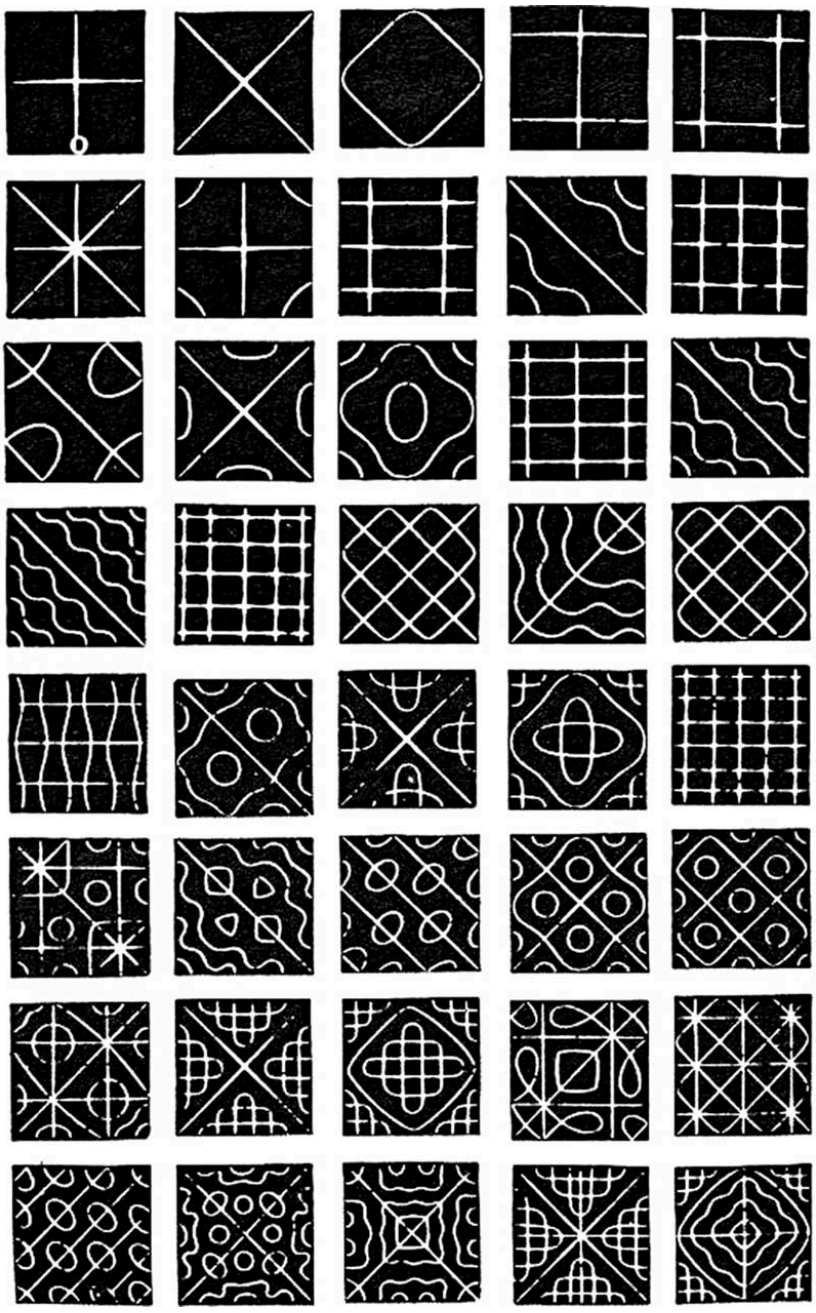
Sześciokątne kryształy płatków śniegu to tylko przykład wzorów tworzących się samoistnie w przyrodzie. Wśród innych kształtów można wymienić: zawijasy, rozgałęzienia, komórki, koncentryczne kręgi, kontury, pajęczynki, paprotki, labirynty, porosty, mgławice, filotaksje, mozaiki, wielokąty, sieci, naczynka krwionośne i robaczki.

Kolejnym przykładem emergentnego porządku w systemach nieożywionych są wzory widoczne na ziemi. Gleba, żwir i kamienie przybierają postać wielokątów, okręgów i innych intrygujących kształtów, zwykle za sprawą cyklów zamarzania i tajania. Nie mniejsze wrażenie robią zróżnicowane, ale powtarzające się kształty piaszczystych wydm, które powstały pod wpływem działania wiatru na Ziemi, Marsie i, jak można przypuszczać, także w innych miejscach we wszechświecie. Bogata gama określeń, których używamy do ich opisywania, tylko sygnalizuje skalę ich piękna: kopuła i barchan, wydma poprzeczna, podłużna, odwrócona, gwiaździsta, paraboliczna, sierpowa, wznosząca i opadająca. Na Ziemi wydmy mogą osiągać zadziwiające rozmiary. Na pustyni Badain Jaran w Chinach wiele z nich wznosi się na 200–300 metrów, a najwyższe przekraczają 430 metrów.

Wydmy barchanowe w regionie Hellespontus na Marsie. Każda ma około sześćdziesięciu metrów szerokości.

Robert Hazen, mineralog i astrobiolog badający początki życia, wymienia cztery czynniki niezbędne do powstania prostych

i regularnych, ale często zaskakujących wzorów w substancjach nieożywionych takich jak piasek. Po pierwsze, koncentracja – pojedyncze cząsteczki muszą występować w wystarczająco dużej liczbie. Poniżej minimalnego progu ilościowego nie ma mowy o zaistnieniu regularnych wzorów. W miarę zwiększania się koncentracji cząsteczek rośnie także złożoność, ale tylko do pewnego stopnia. Po drugie, potrzebny jest przepływ energii przez system – ziarnka piasku, które mogą tworzyć linie na plaży czy mierzei, nie zaczną się poruszać bez odpowiednio dużej prędkości fal na powierzchni wody, choć każdy złożony system tego typu ma także górną granicę ilości energii, jaką jest w stanie przyswoić. Po trzecie, skomplikowane wzory często wyłaniają się w sytuacjach, w których przepływ energii ma charakter cykliczny, czyli na przykład zamarzanie i tajenie, moknięcie i wysychanie, dzień i noc. I wreszcie po czwarte, cząsteczki muszą mieć możliwość wchodzenia ze sobą w interakcje. Ziarnka piasku dokonują tego w bardzo prosty sposób, klejąc się do siebie albo nie, elementy bardziej złożonych układów emergentnych mają do dyspozycji więcej możliwości łączenia się i wzajemnego oddziaływania.



Fale dźwiękowe tworzą piękne wzory w piasku rozsypanym na równej powierzchni znanej jako płyta Chladniego.

Jednak ani liczba potencjalnych metod interakcji pomiędzy częściami danego systemu, ani stopień złożoności wzajemnych relacji nie muszą być bardzo duże, aby mogły się wydarzyć niezwykłe rzeczy. Dobrą ilustrację stanowi tu słynny program komputerowy *Gra w życie*.

W oparciu jedynie o **pięć prostych zasad**[96] regulujących pozycję kwadratów na siatce współrzędnych *Gra w życie* generuje dynamiczne wzory, których zachowanie ewoluuje w zaskakujący sposób – niczym magiczna, samowykonująca się sztuczka. Struktury zwane potocznie „szybowcami" podróżują bez końca po ekranie. „Zjadacze" pożerają mijające je szybowce. „Rozpłodowce" stają się coraz większe i powielają się w coraz szybszym tempie. Generowane schematy mogą symulować nawet uniwersalną maszynę Turinga oraz uniwersalny konstruktor, co oznacza, że potrafią przetwarzać informacje równie dobrze jak każdy komputer i tworzyć kopie samych siebie lub jakiegokolwiek innego wzoru.

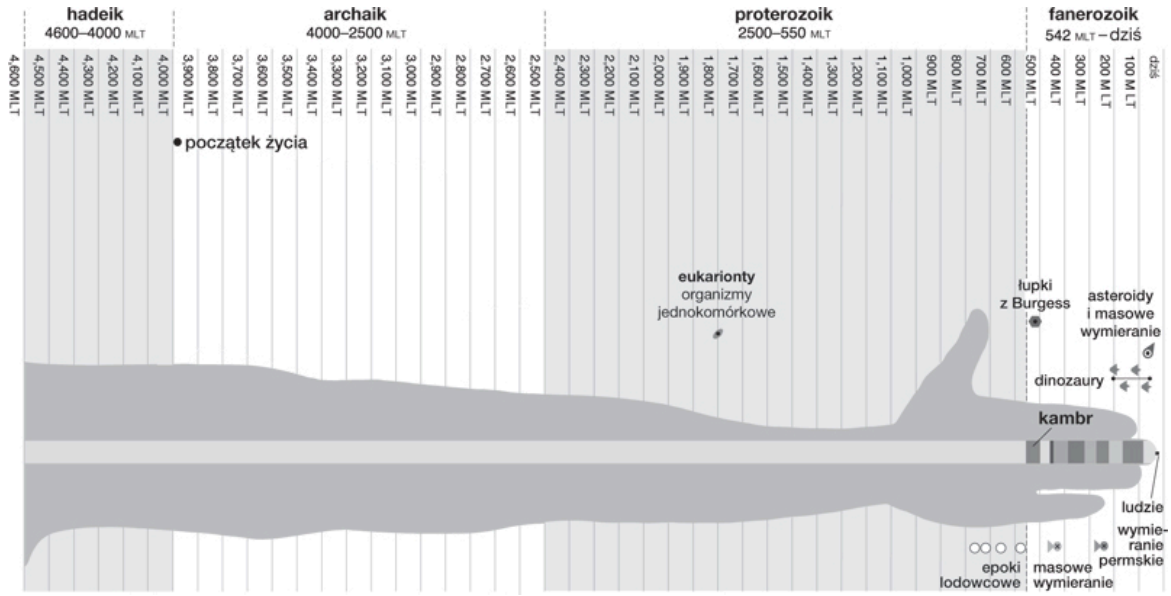
Funkcjonowanie *Gry w życie* jest uzależnione od zewnętrznego podmiotu – ktoś musi zbudować komputer, na którym będzie działać program (albo planszę i kamienie do gry w go, od której tak naprawdę zaczął się cały projekt). Podmiot ten musi także napisać reguły i uruchomić proces. Ale jeśli świat materialny wokół nas nie jest zarządzany przez żadnego zewnętrznego twórcę ani programistę, elementy muszą same z siebie odnaleźć się wzajemnie i rozpocząć interakcję.

Ludziom wychowanym w tradycjach zakładających istnienie zewnętrznej siły sprawczej idea, że świat natury jest w stanie się samoorganizować w stopniu umożliwiającym nawet powstanie życia, może wydawać się problematyczna lub nieprzekonująca. Jednak dorastający w kulturach, gdzie **schemat i proces**[97] są uznawane za inherentną cechę wszystkich rzeczy, mają mniej problemów z akceptacją tego konceptu. („Wspaniałe Tao jest wszechobecne – pisał Laozi. – Tao dba o wszystkie istoty, lecz nie usiłuje nimi zawładnąć"). Naukowcy, zazwyczaj preferujący najprostsze wyjaśnienie każdego zjawiska, dopóki nie zostanie im udowodniony błąd, przychylają się do teorii o samoistnym powstaniu życia. Oto fragmenty niektórych hipotez początków życia na Ziemi, które opracowano w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat.

Pierwsze oznaki życia

Zacznijmy od pytania: kiedy? Jeszcze całkiem niedawno powszechnie uważano, że życie na Ziemi zaczęło się nie wcześniej niż około 3,5 miliarda lat temu, jakieś 500 milionów lat po nastaniu archaiku, który przyszedł po hadeiku. Jednak na przestrzeni ostatniej dekady naukowcy znaleźli dowody oparte na sygnaturach chemicznych wskazujące na wcześniejszą datę: pomiędzy 3,8 a 4,2 miliarda lat temu. Jeśli te szacunki okażą się słuszne, będzie to oznaczało, że życie na Ziemi rozwinęło się – być może ponownie – całkiem niedługo po tym, jak wydarzenia w rodzaju Wielkiego Bombardowania doprowadziły do swoistej sterylizacji powierzchni planety. To z kolei prowadziłoby do intrygującego wniosku, że w odpowiednich warunkach wykształcenie się (prostych) form życia jest niemalże nieuniknione.

Wszystkie żywe istoty na Ziemi łączy ten sam chemiczny mianownik i wszystkie wywodzą się od jednego ostatniego uniwersalnego wspólnego przodka (*last universal common ancestor*, LUCA), który według szacunków żył w okresie pomiędzy 3,8 a 3,5 miliarda lat temu. Ale LUCA mógł być już całkiem złożonym organizmem, przypominającym współczesną bakterię, a zatem sam musiał najpierw wyewoluować z prostszych form. Możliwe ponadto, że LUCA (lub jego ewolucyjny prekursor) nie był sam. Być może życie nie powstało tylko raz, lecz miało wiele początków i przybierało różne formy, pojawiało się i ewoluowało wciąż i wciąż na nowo, na przestrzeni milionów lat, dając w końcu początek wspólnemu przodkowi wszystkiego, co żyje dziś na świecie, podczas gdy cała reszta organizmów wyginęła w wyniku pierwszego masowego wymierania.



Pierwsze eukariotyczne komórki wyewoluowały w okresie od 2 do 1,6 mld lat temu, ale pierwsze duże, złożone formy wielokomórkowe pojawiły się mniej niż 600 milionów lat temu (MLT).

Po drugie: co? Odpowiedź na to pytanie zależy od tego, co rozumiemy pod pojęciem życia. Spośród **wielu definicji**[98], które czytałem, szczególnie dobra wydaje mi się ta przypisywana biologowi Geraldowi Joyce'owi: „życie jest samopodtrzymującym się systemem chemicznym, zdolnym do wprowadzania innowacji i podlegającym darwinowskiej ewolucji".

Ale abstrahując od konkretnej definicji, naukowcy zgadzają się, że wszystkie formy życia, które znamy – i może także wszystkie, które moglibyśmy choćby teoretycznie uznać za żywe – mają przynajmniej **trzy wspólne cechy**[99]: fizyczną granicę pomiędzy tym, co wewnątrz, i tym, co na zewnątrz; zdolność magazynowania (i różnicowania) informacji oraz metabolizm, czyli umiejętność pozyskiwania energii i wykorzystywania jej do utrzymywania się przy życiu i dalszego rozwoju.

Po trzecie: jak? Dobre wieści są takie, że analizowane obecnie scenariusze mają coraz bardziej kompleksowy charakter. W każdym znalazło się miejsce na sporą dawkę piękna i zachwytu. Ponadto jest

całkiem możliwe, że eksperymenty przeprowadzane w ciągu najbliższych lat doprowadzą do pełnowymiarowej teorii tłumaczącej powstanie życia na Ziemi. W tym miejscu należy dodać, że życie może istnieć jedynie jako część większego systemu, wchodząca w interakcje z innymi jego elementami.

Zastanówmy się nad tajemnicą, w jaki sposób najwcześniejsze żywe organizmy nabyły swoje fizyczne granice. Komórki w środku składają się głównie z wody, a większość jest również od zewnątrz otoczona przez wodę. Zapewnia znakomity środek transportu rozmaitym cząsteczkom, ale jednocześnie stanowi problem, ponieważ jest także bardzo dobrym rozpuszczalnikiem, zdolnym do absorbowania i odprowadzania składników, których potrzebuje złożony system. Naprawdę nie byłoby miło, gdybyśmy się rozpuszczali z każdym deszczem. Życie znalazło rozwiązanie, tworząc komórki otoczone błoną zbudowaną z tzw. dwuwarstwy lipidowej – posiadają ją wszystkie znane nam komórki. Dwuwarstwa lipidowa pod pewnymi względami przypomina bańki mydlane – między innymi podobnie jak one potrafi się samoorganizować – ale jest wytrzymalsza i może mieć maleńkie otwory, dzięki czemu bariera umożliwia ograniczony dostęp do wnętrza. Naukowcy odkryli, że cząsteczki niezbędne do utworzenia dwuwarstwy lipidowej są obecne na meteorytach węglistych, które regularnie uderzały o Ziemię w hadeiku. Te same związki wydobywane z meteorytów spadających dzisiaj (które, choć dotarły do nas dopiero teraz, są równie stare) w warunkach jak na zamierzchłej Ziemi samoistnie organizują się i formują dwuwarstwę. To właśnie one mogły więc być źródłem **pierwszych błon komórkowych**[100], tworząc maleńkie pęcherzyki osłaniające wspólnego przodka wszystkich żywych organizmów. A jeśli tak było w istocie, to każda z dziesiątek bilionów komórek w naszym ciele jest otoczona błoną zawdzięczającą swoją strukturę skałom z nieba.

Znajoma opowiadała mi, jak pewnego razu na wiejskiej drodze w Irlandii była bliska wyczerpania po długotrwałej jeździe na rowerze

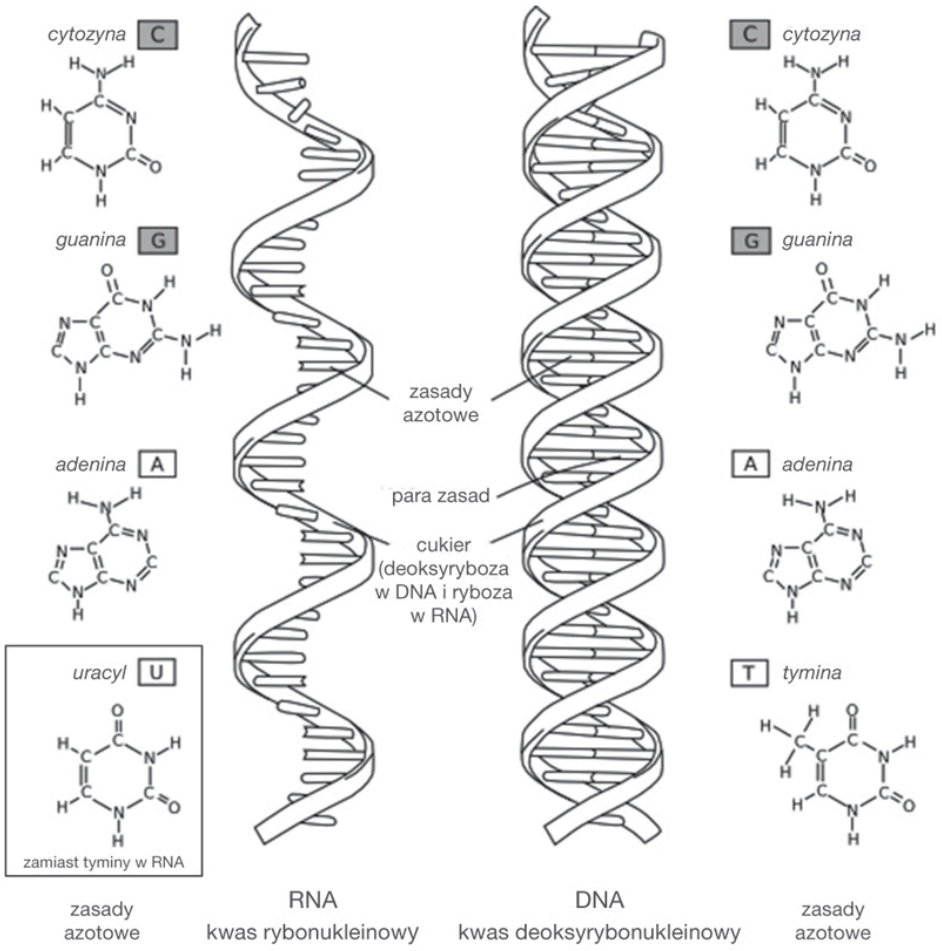
pod silny wiatr. Mijający ją sympatyczny kierowca zauważył jej udrękę i zatrzymał się zapytać, czy wszystko w porządku. Moja znajoma podziękowała i wyjaśniła, że to przez te podmuchy. Nieznajomy zastanowił się przez chwilę, spojrzał w lewo i prawo i z błyskiem w oku zapytał: „To dlaczego pani nie pojedzie w drugą stronę?". Mam obawy, że niektórzy czytelnicy mogą uznać następnych kilka akapitów za nieco przyciężkie, ale zachęcam, żebyście nie zrażali się i dalej pedałowali przed siebie. Koniec końców będziecie zadowoleni, że jednak nie zawróciliście...

Pytanie, w jaki sposób żywe organizmy wykształciły zdolność przechowywania i odczytywania informacji, może okazać się nieco większym wyzwaniem niż to, w jaki sposób zyskały fizyczne granice. We wszystkim, co żyje dziś na Ziemi, za to zadanie odpowiada DNA, czyli kwas dezoksyrybonukleinowy. Ale słynna podwójna helisa to wielka i ogromnie skomplikowana molekuła, która z pewnością musiała wyłonić się z czegoś prostszego.

Większość badaczy uważa, że DNA wyewoluowało w ramach systemu, który jako nośnik informacji genetycznej oraz katalizator wykorzystywał RNA, czyli kwas rybonukleinowy. RNA jest mniejsze od DNA, ponieważ ma pojedynczą helisę i znacznie krótszy łańcuch nukleotydów – cząsteczek, z których składa się zarówno RNA, jak i DNA. RNA jest też mniej stabilne, ale potrafi magazynować i przenosić informacje: uczestniczy w kodowaniu, dekodowaniu, regulowaniu i ekspresji genów we wszystkich żywych komórkach. Przed nastaniem „świata DNA" – świata, w którym każdy żywy organizm przechowuje genetyczną informację za pomocą DNA – istniał „**świat RNA**"[101], w którym krótkie łańcuchy kwasu rybonukleinowego katalizowały wszystkie grupy chemiczne i transfery informacji niezbędne do powstania protoorganizmów.

Poprzednik ostatniego wspólnego przodka wszystkich żywych organizmów mógł opierać się na RNA, ale pochodzenie samego RNA zastanawia naukowców od dziesięcioleci. W 1999 roku Gerald Joyce

i Leslie Orgel, czołowi znawcy tego zagadnienia, napisali, że samoistne pojawienie się nukleotydów byłoby „niemalże cudem". Ale w 2009 roku chemik John Sutherland pokazał, jak mogłoby do tego dojść i bez cudu. Nukleotyd składa się z dwóch części – cukru, rybozy i podstawy zasadowej – i jak w przypadku dwóch metalowych obręczy wydaje się, że tylko sprawny iluzjonista byłby w stanie połączyć je ze sobą. Myśląc lateralnie, Sutherland połączył związki w innej kolejności, dzięki czemu uzyskał dwie „półobręcze" – połowę cząsteczki cukru i połowę cząsteczki zasady. Kiedy dodał drugą parę połówek, powstał z tego nukleotyd RNA o nazwie fosforan rybocytydyny. Kolejny nukleotyd udało się stworzyć po dodaniu do mieszanki promieniowania ultrafioletowego. W 2015 roku odwiedziłem Sutherlanda; na krótko przed moją wizytą wraz ze swoim zespołem wykazał, że RNA może się wyłonić nawet z jeszcze prostszych składników, poczynając od cyjanowodoru, siarkowodoru i światła ultrafioletowego.



Ale nawet jeśli znamy już odpowiedź na pytanie, jak powstało RNA, nadal nie wiemy gdzie. Według biofizyka Davida Deamera mogło do tego dojść na wulkanicznych skałach mających kontakt z powietrzem i płynną wodą. Środowisko to przypominałoby nieco niektóre miejsca na dzisiejszych Hawajach czy Islandii, gdzie gorące źródła cyklicznie wysychają i ponownie się napełniają, oraz byłoby na pewno bardzo podobne do pradawnej plaży, którą wyobrażaliśmy sobie we wcześniejszej części rozdziału. Przybrzeżne zbiorniki wodne, wystawione na działanie atmosfery znacznie różniącej się od naszej, zawierały złożoną mieszaninę rozcieńczonych związków organicznych pochodzących z rozmaitych źródeł, włączając w to meteoryty węgliste, oraz innych związków będących wynikiem chemicznych reakcji związanych z aktywnością wulkaniczną i atmosferyczną na Ziemi. Z powodu zmiennych warunków środowiskowych trwał nieprzerwany

cykl, w ramach którego substancje te na zmianę zagęszczały się podczas wysychania i rozcieńczały przy ponownym wilgotnieniu. Podczas osuszania mieszanki o niskim stężeniu tworzyły cienką powłokę na powierzchniach minerałów. W tych warunkach związki wchodziły ze sobą w reakcje, których produkty znajdowały się w samowytwarzających się błonach. W ten sposób ogromne ilości tworów określanych przez naukowców mianem protokomórek – czyli prekursorów pierwszych żywych komórek – mogły pojawić się na całej powierzchni młodej Ziemi.

Według tego scenariusza większość protokomórek pozostawała nieaktywna, ale część zawierała mieszankę, która mogłaby stymulować dążenie do większej złożoności poprzez absorbowanie z zewnątrz energii, aminokwasów i nukleotydów. W miarę jak te drobne cząsteczki przedostawały się do wnętrza protokomórek, za pomocą energii łączyły się w długie łańcuchy (tworząc proteiny i kwasy nukleinowe). Życie rozpoczęło się, kiedy pierwsze protokomórki nie tylko nauczyły się powiększać, lecz także zainicjowały cykl obejmujący funkcje katalityczne i informację genetyczną, przypuszczalnie zawartą w RNA.

Brzmi to wszystko przekonująco, ale jest pewien haczyk. Niektórzy naukowcy tłumaczą bowiem, że w opisywanych warunkach energia pochodząca ze światła słonecznego i ciepła wulkanicznego byłaby niewystarczająca, aby doprowadzić do powstania najpierw protokomórek, a potem form bardziej złożonych. Dlatego według konkurencyjnej hipotezy, wysuniętej przez chemika Michaela Russella i propagowanej między innymi przez Nicka Lane'a zajmującego się biochemią ewolucyjną, życie rozpoczęło się w alkalicznych kominach hydrotermalnych na dnie oceanu. Te osobliwe struktury bardzo różnią się od wrzących „czarnych kominów", w których żyją dzisiaj kraby yeti i gigantyczne wieloszczety. W przeciwieństwie do nich nie są bowiem pochodzenia wulkanicznego, tylko formują się wskutek reakcji chemicznej zachodzącej pomiędzy morską wodą a skałami odsłoniętymi w wyniku ruchu płyt kontynentalnych (odbywającego się

z prędkością rośnięcia paznokci u nóg). Ta reakcja, podczas której wytwarza się metan i woda bogata w wodór, rozszerza i ogrzewa skałę, powodując jej pękanie. To z kolei umożliwia morskiej wodzie wniknięcie jeszcze bardziej w głąb. W występujących dziś na Ziemi skupiskach alkalicznych kominów hydrotermalnych, takich jak Zaginione Miasto pośrodku Atlantyku, z dna oceanu wyrastają strzeliste, poskręcane wieże z kamienia wapiennego. Są one wypełnione maleńkimi wgłębieniami mniej więcej rozmiaru komórek bakteryjnych, przez które wydobywają się metan i wodór, dołączając do unoszącego się powyżej słupa wody o temperaturze od czterdziestu do dziewięćdziesięciu stopni Celsjusza. I według hipotezy Russella to właśnie w takich miniaturowych jamkach rozpoczęło się życie na Ziemi.

Russell, Lane i inni przekonują, że teoria kominów hydrotermalnych to jedyny scenariusz, który oferuje rozwiązanie zagadki **metabolizmu**[102] – w jaki sposób protoorganizmy zdołały zgromadzić dostateczną ilość energii, by móc się uformować i ewoluować. Surowy wodór wydobywający się z ziemi w formie gazu, jak ma to miejsce w kominach alkalicznych, to jak darmowy lunch, za który jeszcze ci płacą. Występujące w powłokach wapiennych wież różnice w temperaturze i kwasowości tworzą słabą, ale za to olbrzymią baterię. Okolice komina są zatem środowiskiem, które sprzyja wykształcaniu się większej złożoności, ponieważ zapewnia stały przepływ darmowej energii, niezbędnej dla energochłonnych reakcji wytwarzających złożone polimery, takie jak białka, tłuszcze, RNA czy DNA. I w ten właśnie sposób, wykorzystując gradienty elektrochemiczne na kominach hydrotermalnych, ostatni uniwersalny wspólny przodek wszystkiego, co żyje dziś na Ziemi, ustanowił wzorzec dla nieskończonej ilości przyszłych organizmów, które na ścianach swoich komórek odtwarzają schemat oksydacji i redukcji zaobserwowany we współczesnych ciepłych kominach alkalicznych. Jeśli to prawda, każdy z nas bez wyjątku nosi w sobie odległe wspomnienie pradawnego Zaginionego Miasta na dnie oceanu.

W siedemnastym wieku Athanasius Kircher wyobrażał sobie, że we wnętrzu Ziemi krążą woda i ogień, wywołując wszelkie **turbulencje i zmiany**[103]. Dziś wiemy, że to nieco przeinaczona, ale nie całkiem chybiona wizja rzeczywistości. Mniej więcej od połowy wieku dwudziestego rozumiemy, że to ciepło pochodzące z jądra Ziemi wywołuje ruchy tektoniczne, czyli przesuwanie się płyt kontynentalnych po powierzchni planety, oraz związany z nim wtórny obieg skał i wody na przestrzeni miliardów lat. Aktywność termiczna w kominach hydrotermalnych stanowi drobny element tych znacznie większych cyklów. Ale od tamtej pory udało się nam odkryć jeszcze bardziej zdumiewające fakty.

Życie, jak zgodnie twierdzi dziś większość naukowców zajmujących się badaniem Ziemi, modyfikuje system całej planety, dostosowując go do swoich potrzeb. Jego wpływ sięga aż do górnej atmosfery, gdzie stworzyło warstwę ozonową, która blokuje promieniowanie ultrafioletowe o wysokiej mocy, umożliwiając tym samym rozprzestrzenienie się na wszystkich kontynentach roślin i wszelkich zależnych od nich organizmów. Przez kolejne miliardy lat życie wywarło wpływ nie tylko na powierzchnię i atmosferę Ziemi, lecz także na kształt jej głębokiego wnętrza – wyciągając węgiel z płaszcza i składając go na zewnątrz w formie skał osadowych, a także wyodrębniając z powietrza duże ilości azotu i tworząc z niego amoniak magazynowany w kryształach obecnych w skałach płaszcza ziemskiego. Poprzez kontrolowanie chemicznego składu atmosfery życie doprowadziło także do natlenienia skorupy i niższych warstw Ziemi, co zmieniło fizyczne właściwości kamienia – jego kruchość, elastyczność oraz odporność w różnych warunkach i w zderzeniu z siłami. Wytwarzane przez biosferę ziemską minerały ilaste zmiękczają skorupę planety, przyczyniając się do naoliwienia systemu płyt tektonicznych, który bez tej pomocy stanąłby w miejscu. Życie nie było więc jedynie dodatkiem do funkcjonującego w najlepsze ciała niebieskiego, ale odegrało kluczową rolę w regulowaniu zachodzących na nim procesów.

Zadziwiające mechanizmy: cudowny świat komórki

Przez pierwsze 1,7 miliarda lat swojego istnienia życie składało się wyłącznie z mikroorganizmów – przyczynku do dzisiejszych **bakterii i archeonów**[104]. Innowacje wprowadzone na wczesnym etapie przez te relatywnie proste stworzenia po dziś dzień zasilają każdą komórkę w organizmach wszystkich żywych istot, nie wyłączając nas. Mimo to dopiero całkiem niedawno zaczęliśmy dostrzegać i w pełni doceniać ich znaczenie.

Po raz pierwszy byliśmy w stanie zobaczyć fragment maleńkiego, niewidzialnego świata w XVII wieku. Około 1670 roku Antonie van Leeuwenhoek przy użyciu niewielkich szklanych soczewek skonstruował mikroskop, który powiększał obraz od 275 do 500 razy, dzięki czemu mógł obserwować „żyjątka" występujące w ogromnych ilościach w nawet najczystszych próbkach wody (nie mówiąc o nieco mniej zadbanych miejscach, jak ślina starych ludzi, którzy nigdy nie myli zębów). Dziś znamy te żyjątka jako protisty oraz bakterie. Robert Hooke, naukowiec działający w tych samych czasach co van Leeuwenhoek, dysponował wprawdzie gorszymi mikroskopami, ale posiadał lepsze zdolności komunikacyjne, zwłaszcza w języku angielskim. W swoim dziele *Micrographia* z 1665 roku opublikował obrazy cudów, o których przedtem nikomu nawet się nie śniło: mikroskopijne „komórki" dębowego korka (nazwane tak, ponieważ ponoć przypominały **cele**[105] mnichów w klasztorze), oczy muchy, które w powiększeniu ujawniły swą potworną strukturę, a także pancerz i aparat gębowy pchły, wyglądające jak coś zgoła nie z tej ziemi. „Natura – pisał Hooke – działa nie tylko w sposób automatyczny, ale też poprzez tworzenie tak znakomitych i zadziwiających mechanizmów, że w całym świecie nie dałoby się znaleźć bardziej zmyślnych wynalazków".

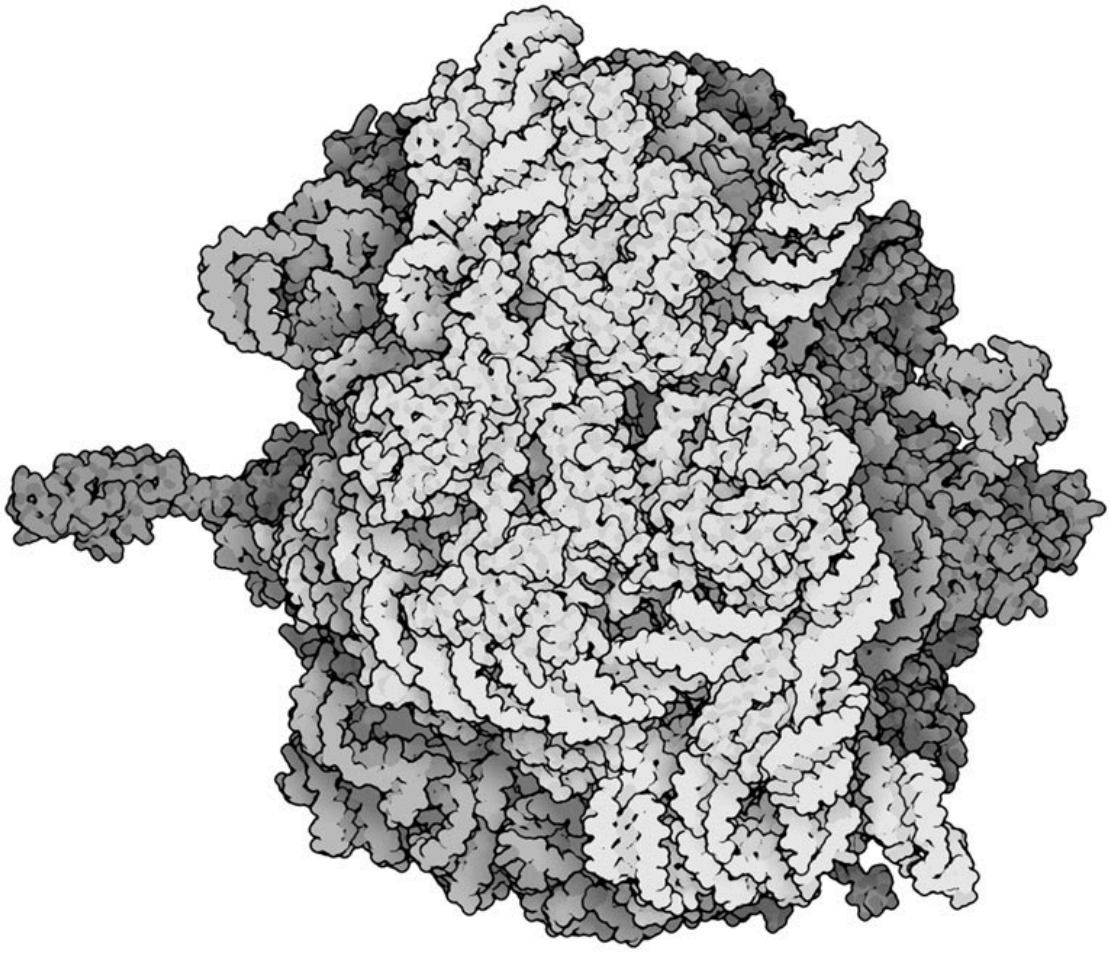
W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat naukowcy odkryli, że mechanizmy wypracowane przez naturę funkcjonują w skali o wiele mniejszej, niż wyobrażali to sobie van Leeuwenhoek i Hooke. Albowiem

gdy spojrzeć na to w nanoskali (gdzie pomiarów dokonuje się w nanometrach, czyli miliardowych częściach metra), życie składa się z molekularnych maszyn. I „maszyny" nie są tu bynajmniej użyte w sensie figuratywnym – mówimy bowiem o zespołach ruchomych części, które reorganizują inne cząsteczki z regularnością mechanizmu zegarowego. Maszyny te różnią się jednak od tych lepiej nam znanych swoją zdolnością do nieprzerwanego konstruowania, naprawiania i demontowania samych siebie. Są także nieporównanie bardziej niezawodne od wszystkiego, co zbudował człowiek, dzięki czemu od miliardów lat istnieją w praktycznie niezmienionym kształcie. W pełni zasługują na miano cudu, zadziwiającego również dla naszego pokolenia tak jak odkrycia van Leeuwenhoeka i Hooke'a dla im współczesnych. Oto dwa przykłady.

Pierwszy to rybosom – maleńka „fabryka" produkująca wszystkie niezbędne do życia białka. (W ludzkim ciele znajduje się około dwudziestu pięciu tysięcy różnych rodzajów protein. Większość pojedynczych cząsteczek zużywa się po kilku dniach, więc muszą być stale wymieniane). Rybosomy mają tak fundamentalne znaczenie, że trudno sobie wyobrazić, jak komórki w naszym współczesnym rozumieniu mogły kiedykolwiek istnieć bez nich. Są obecne w każdej komórce każdego żywego organizmu i wszędzie mają tę samą podstawową strukturę. Ich miejsca aktywne i rdzeń są w całości zbudowane z RNA, co sugeruje, że rybosomy mogły wyewoluować z wcześniejszych form przynależnych do świata RNA. To właśnie bezgłośna, niezmordowana praca niezliczonych rybosomów leży u podstaw wszystkiego, co składa się na naszą materialną obecność w świecie.

W porównaniu z cząsteczkami wody czy prostych cukrów rybosomy, zawierające w sobie około miliona atomów, są ogromne; jednak gdy porównać je z komórkami, okazują się maleńkie, a typowa ludzka komórka może ich zawierać wiele milionów. Każdy rybosom, składający się niczym zautomatyzowana tłocznia z dużej i małej podjednostki,

odczytuje informacje pochodzące od DNA w jądrze komórki i przekazywane za pomocą RNA – trochę jakby czytał brajlem – a następnie na ich podstawie dobiera i łączy ze sobą aminokwasy, które utworzą nowe proteiny. Rybosomy przeprowadzają tę operację mniej więcej czterdzieści razy na sekundę, a współczynnik błędu wynosi mniej niż jeden na dziesięć tysięcy – to znacznie lepszy wynik, niż jesteśmy w stanie osiągnąć nawet przy wysokiej jakości produkcji fabrycznej. A wszystko to odbywa się na przestrzeni o średnicy zaledwie 20–30 nanometrów.



Rybosomy produkują wszystkie białka niezbędne każdemu żywemu organizmowi i najprawdopodobniej powstały wcześniej, niż na Ziemi pojawiło się życie.

Fizyk Neil Gershenfeld nazywa rybosomy pierwszymi narzędziami cyfrowej produkcji, które o cztery miliardy lat wyprzedziły drukarki 3D, a były przy tym nieporównanie bardziej efektywne i niezawodne. W przypadku rzeczonej drukarki wzór określa w pełni wirtualny program komputerowy, ale materiał, na którym pracuje, na przykład żywica, nie posiada właściwości samoorganizacyjnych; jest bezkształtnym mazidłem. Natomiast jeśli chodzi o rybosomy, służące do „drukowania" aminokwasy przyjmują zawsze te same, regularne kształty – dobrą analogią byłyby klocki lego – dzięki czemu produkcja jest precyzyjna i powtarzalna, nawet przy wielkiej liczbie możliwych konfiguracji. Do pewnego stopnia „kod" zawarty jest także w samym materiale, ponieważ kształt części składowych z góry narzuca im ograniczoną liczbę potencjalnych kombinacji.

Skąd cząsteczki wewnątrz komórki wiedzą, co mają robić? Jest stary dowcip o dwóch facetach rozmawiających pod chmurką w chłodny dzień. Jeden z nich nalewa herbaty z termosu do dwóch kubków i mówi: „Wiesz co, ten termos jest niesamowity. Zimą herbata jest w nim cały czas gorąca, ale latem, kiedy wlewam mrożoną herbatę, pozostaje cały czas zimna. Zastanawiam się, skąd ten termos to wie".

Komórki i znajdujące się w nich cząsteczki są jak ten termos z herbatą. Niczego nie „wiedzą". Płyn wypełniający wnętrze komórki, zwany cytoplazmą, to głównie woda, a w prostej komórce bakteryjnej pływa w nim swobodnie wiele molekuł, pojedynczo oraz w dużych skupiskach. W każdej temperaturze powyżej absolutnego zera wszystkie cząsteczki wibrują. Na tym właśnie polega ciepło. W temperaturze pokojowej średniego rozmiaru cząsteczka białka dryfująca w wodnistym wnętrzu komórki i przesuwana tam i z powrotem w sposób przypadkowy porusza się z prędkością około pięciu metrów na sekundę – to mniej więcej prędkość, jaką osiągają w miarę szybcy biegacze. Gdyby umieścić ją samą w przestrzeni kosmicznej, ta sama cząsteczka pokonałaby odległość równą własnej długości w mniej więcej nanosekundę (jedną miliardową sekundy), ale

wewnątrz komórki, gdzie ze wszystkich stron napierają molekuły wody, przemierzenie tego samego dystansu zajmie jej tysiąc razy więcej czasu (jedną milionową sekundy). Niemniej komórki są mikroskopijne. Na przykład bakteria *E. coli* ma około siedmiu tysięcznych milimetra długości i mniej niż dwie tysięczne milimetra szerokości. I z tego powodu **ruch chaotyczny**[106] jest dostatecznie szybki, by umożliwić sprawny transport dużych ilości aminokwasów i protein, które po prostu przewalają się w tę i we w tę, aż trafią na właściwe miejsce. W typowej komórce bakteryjnej, pozbawionej wewnętrznych przegród lub posiadającej ich bardzo niewiele, każda cząsteczka podczas swojej chaotycznej podróży napotka niemal każdą inną w ciągu zaledwie kilku sekund.

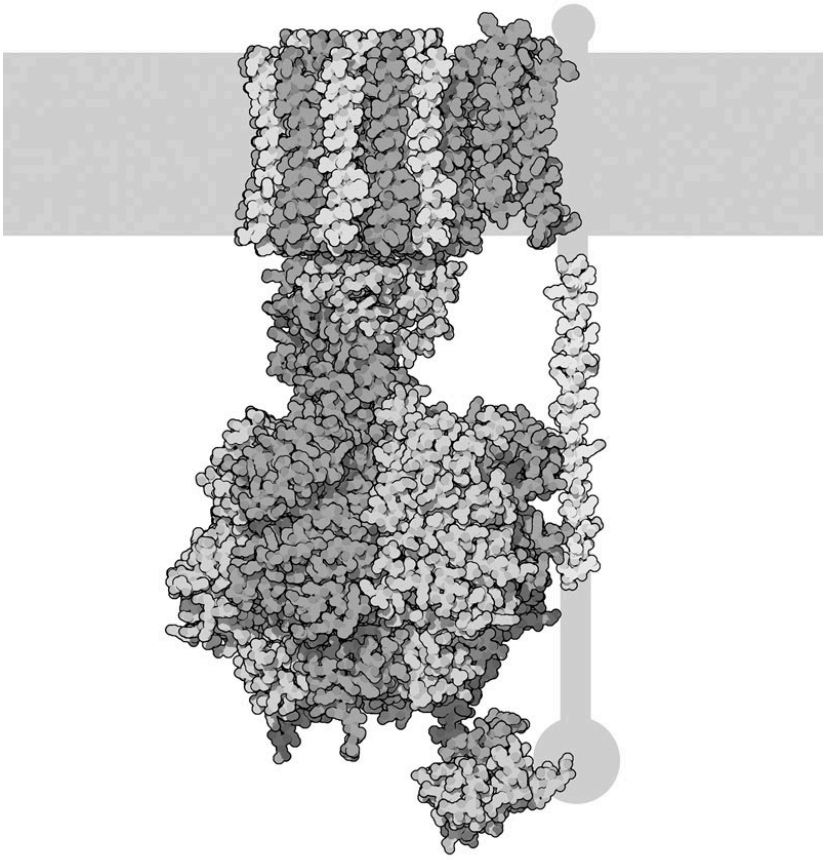
Komórki eukariotyczne – wyposażone w pojedyncze jądro, w którym przechowywane jest ich całe DNA – są bardziej złożone od bakterii i archeonów (komórek prokariotycznych, niezawierających jądra) i zazwyczaj znacznie większe. Czasami eukarionty współpracują ze sobą w celu stworzenia i podtrzymania przy życiu organizmu, takiego jak ty czy ja. W przeciwieństwie do bakterii czy archeonów wszystkie eukarionty posiadają wewnętrzne bariery oraz inne elementy, w tym mikrotubule, które działają jak tory kolejowe dla białek motorycznych zwanych kinezynami, co umożliwia transport ważnych ładunków po całej komórce. W internecie można znaleźć **animacje**[107] pokazujące białka motoryczne maszerujące na przerośniętych stopach niczym komiczne postacie z kreskówek. Nie mniej zadziwia, że energię potrzebną do swoich wędrówek pozyskują z przypadkowych bombardowań cząsteczkami wody, a zatem dosłownie przekuwają chaos w coś użytecznego. Ale to nie kinezyna jest drugą (obok rybosomu) najbardziej zdumiewającą maszyną molekularną, jaką znam. W samą tkankę naszego istnienia wplecione jest bowiem „urządzenie” mogące budzić jeszcze większy podziw – i właśnie ono stanowi mój drugi przykład zadziwiającego mechanizmu.

„Życie jest czystym płomieniem – pisał Thomas Browne w połowie XVII wieku – a wszyscy żyjemy za sprawą niewidzialnego słońca, które świeci w naszym wnętrzu". Choć brzmi to jak poezja, tak naprawdę zawiera się w tych słowach namiastka prawdy. Każdy z nas, jako człowiek, potrzebuje codziennie około dwóch miliwatów energii na gram ogólnej masy ciała – czyli w sumie około stu trzydziestu watów w przypadku statystycznej dorosłej osoby. Wszystko, co robimy i myślimy, wszystko, czym jesteśmy, wymaga niewiele więcej mocy od żarówki. Może wydaje się to mało, ale w przeliczeniu na jednostkę masy nasz organizm wytwarza **dziesięć tysięcy razy więcej**[108] energii niż Słońce. Jak to możliwe?

Krótka odpowiedź brzmi: oddychanie komórkowe. To proces metaboliczny, podczas którego organizmy łączą glukozę z tlenem, by uzyskać energię (produktami ubocznymi są dwutlenek węgla i woda). Ale ujmując sprawę tak lakonicznie, pomijamy wiele istotnych kwestii. Komórki nie wykorzystują tej energii bezpośrednio, lecz za pośrednictwem związku o nazwie adenozynotrójfosforan, albo ATP, który transportuje energię tam, gdzie jest potrzebna – na przykład do rybosomów.

Zasilenie pojedynczej komórki wymaga dużej ilości ATP. Złożone, wielokomórkowe formy życia – jak na przykład ludzie, którzy składają się z około trzydziestu siedmiu bilionów komórek, nie licząc wszystkich żyjących na nas i w nas bakterii – potrzebują go znacznie więcej. Aby móc się zaopatrzyć w całą tę energię, każda komórka zawiera miliony maleńkich organelli w kształcie fasolki, zwanych **mitochondriami**[109]. Każde z nas nosi w sobie ponad biliard (tysiąc bilionów) mitochondriów, które zajmują łącznie powierzchnię czternastu tysięcy metrów kwadratowych, co przekłada się mniej więcej na dwa boiska do piłki nożnej. Wspólnie przepompowują przez swoje membrany ponad miliard biliardów (10^{24}) protonów na sekundę, wykorzystując do tego energię pozyskaną z cukrów. Każdy proton (który stanowi jądro atomu wodoru, takiego samego jak te znajdujące się w sercu Słońca) niesie

dodatni ładunek elektryczny. W efekcie przepompowywania ich przez błonę mitochondrialną po obu stronach tworzy się różnica w poziomie stężenia, a co za tym idzie, różnica w ładunku elektrycznym wynosząca od stu pięćdziesięciu do dwustu miliwoltów. Może się wydawać, że to niewiele, ale ponieważ błona jest niezwykle cienka – ma około sześciu nanometrów grubości – w przeliczeniu daje to trzydzieści milionów woltów na metr, co stanowi odpowiednik mocy błyskawicy. Ten gradient elektrochemiczny był obecny w nas i w każdym z naszych przodków od zarania życia na Ziemi.



Syntaza ATP: precyzyjna nanoinżynieria najwyższego rzędu. „Im lepiej poznajemy ten proces – mówi biolog Nick Lane – tym bardziej zadziwiający się staje".

I tu dochodzimy wreszcie do naszej drugiej cudownej maszyny molekularnej. Błona mitochondrium jest naszpikowana tysiącami jednostek enzymu o nazwie syntaza ATP, który – jak sama nazwa

wskazuje – odpowiada za wytwarzanie ATP. Każda działa jak maleńka turbina hydroelektryczna. Protony nagromadzone za błoną zewnętrzną przelewają się jak woda spływająca kaskadą ze zbocza i wprawiają w ruch mechanizm rotacyjny. Ów „silnik" jest połączony osią z drugim wirnikiem pełniącym funkcję głównego katalizatora, który łączy ze sobą grupy fosforanu (P) i adenozynodifosforanu (ADP), by stworzyć z nich ATP. Ten drugi mechanizm rotacyjny składa się z co najmniej dziewięciu podjednostek, a sześć ułożonych jest jak segmenty pomarańczy, które obracając się, chwytają cząsteczki fosforanu. W normalnych warunkach cały system wykonuje kilkaset **obrotów**[110] na sekundę i produkuje trzy cząsteczki ATP z każdym pełnym obrotem.

W biurach Oddziału Biologii Mitochondrialnej uniwersytetu w Cambridge można zobaczyć ogromny model syntazy ATP zbudowany w całości z klocków lego. Ta ponad metrowej wysokości nieprawdopodobnie szczegółowa konstrukcja to swego rodzaju bajer, pomoc naukowa, która ma dać dzieciom i niedouczonym dorosłym, takim jak ja, przynajmniej powierzchowne pojęcie o funkcjonowaniu jednej z najbardziej niesamowitych maszyn, jakie stworzyło życie. Jej widok zrobił na mnie jednak kolosalne wrażenie i stałem oniemiały, słuchając objaśnień człowieka, który prawdopodobnie bardziej niż ktokolwiek inny przyczynił się do rozpracowania struktury tej niezwykłej maszyny molekularnej, a mimo to nie szczędził mi swojego cennego czasu. John Walker, uhonorowany za swoje badania Nagrodą Nobla, nadal pozostaje osobą skromną i bezpośrednią, kimś, dla kogo nade wszystko liczą się praca i poczucie zachwytu nad światem. „Rozgryzienie tego wszystkiego – powiedział mi szeptem – było nie lada wysiłkiem".

Istota życia

We wstępie do niniejszej książki opisałem plamę promieni słonecznych na kuchennym suficie. Tworzyło ją światło przesączone przez rozkołysane na wietrze gałęzie, które rzucały migotliwe cienie na świetlistą smugę. Zarówno człowiek obserwujący tę falującą grę światłocieni, jak i drzewo będące autorem tego spektaklu wywodzą się z tego samego źródła, choć oczywiście istnieją między nimi istotne różnice. Drzewo, na przykład, „zjada" światło, dokonując niesamowitych sztuczek, takich jak choćby wykorzystywanie zjawisk kwantowych w celu maksymalizacji wydajności owego zjadania. Jednak i człowiek, i drzewo mają tę samą strukturę biochemiczną, a do tego funkcjonowanie obydwu opiera się na wielu identycznych, działających bez ustanku podstawowych mechanizmach takich jak rybosomy czy syntaza ATP.

Dwa, może trzy lata temu przyjaciel zaprosił mnie na pieszą wędrówkę wzdłuż koryta niewielkiej rzeki w środkowej Walii. Llyfnant, jak mi powiedział, była jedyną prawdziwie dziką rzeką, która się ostała w tym wspaniałym kraju. Co więcej, wystarczyło zejść ze szlaku, by znaleźć się w jednym z ostatnich ocalałych w Wielkiej Brytanii fragmentów atlantyckiego lasu deszczowego. Niewielu wędrowców zapuszczało się w te rejony. Kilka dni później, gdy szliśmy wzdłuż rzeki asfaltową drogą, podążając śladem lokalnej śmieciarki, której zderzak zdobiła naklejka z napisem „Keep Wales Tidy" (dbaj o czystość Walii), zastanawiałem się, co poszło nie tak. Jednak w miarę jak posuwaliśmy się do przodu, krajobraz doliny i jej atmosfera zaczęły się zmieniać. Ciężarówka zniknęła z pola widzenia, zostawiając za sobą jedynie szmer wody i szum wiatru w gałęziach drzew. Rzeka odbiła od drogi, wpływając w wąwóz, a podszycie lasu pomiędzy nami a jej korytem z każdą chwilą gęstniało i stawało się coraz bardziej bujne. Przylaszczki pospolite, porosty i epifity pokrywały ściany skalne, gałęzie drzew i wszelkie inne zakamarki. Mój przyjaciel z radością zauważył, że wznoszące się nad naszymi głowami korony drzew nie należały do

dębów, tylko lip drobnolistnych (*Tilia cordata*). Jak wyjaśnił mi, były częścią pradawnego lasu – stanowiły żywy dowód na to, że na przestrzeni setek lat, być może nawet od czasów prehistorycznych, to miejsce w nienaruszonym stanie tętniło życiem i rozkwitało.

Schodząc ze zbocza, ślizgaliśmy się i upadaliśmy, ale za każdym razem lądowaliśmy na miękkim mchu i grubym podłożu. W końcu dobrnęliśmy do rzeki i wgramoliliśmy się na brzeg w miejscu, gdzie woda, wypływając spomiędzy wielkich skał, odbijała się od krawędzi leżącego na jej dnie głazu i pędząc w dół stromym korytem, wpadała do położonego pięć metrów niżej jeziorka. Usiedliśmy na chwilę i jedząc kanapki, patrzyliśmy na spienioną taflę. Nagle, zupełnie niespodziewanie, u podnóża wodospadu z wody wyskoczył łosoś. Wystrzelił z takim impetem, jakby w samym powietrzu chciał znaleźć punkt oparcia, by po chwili opaść w toń wraz ze słupem lecącej w dół wody. Powtarzał ten manewr kilkakrotnie, za każdym razem ponosząc porażkę. I kiedy wreszcie łososiowi udało się wskoczyć na wyższy próg skalny, zacząłem wiwatować na jego cześć. I naraz zdałem sobie sprawę, że jestem absolutnie szczęśliwy i że czuję się w tym lesie jak u siebie w domu. Tamtej nocy, podobnie jak podczas wielu późniejszych, śniłem o leśnej dziczy – dziczy będącej z jednej strony realnym miejscem, z drugiej zaś ucieleśnieniem koncepcji *inscape*[111], życiodajną energią duszy.

Gdy zza chmur wyłoniło się słońce i spojrzałem na obrączkę na palcu, przyszła mi do głowy pewna dobrze znana mi refleksja, choć była ona bliższa uczuciu niż myśli: cała materia, zarówno we mnie, jak i wokół mnie, łącznie ze złotem w tej obrączce, naprawdę powstała miliardy lat temu w gwiazdach i w supernowych, i jeśli tylko wykażemy się dostateczną rozwagą, a przy tym choć trochę wyzbędziemy się egoizmu, wciąż będzie przybierać nieskończenie piękne formy, gdy mnie już dawno nie będzie na tym świecie.

3

TRZY MILIARDY UDERZEŃ

Serce

Zachwyt jest jak skurcz serca.

Albert Wielki

Dzięki niech będą sercu, które pozwala żyć człowiekowi.

William Wordsworth

Dla serca życie jest proste: serce bije, dopóki może.
Potem się zatrzymuje.

Karl Ove Knausgård, *Moja walka. Księga 1*

Najpierw zaczynamy słyszeć – po pięciu miesiącach od poczęcia, kiedy ludzki płód jest mniej więcej o połowę mniejszy niż w chwili narodzin, bębenki i wewnętrzne kości ucha są już prawie tego samego rozmiaru co u dorosłego człowieka. Nerwy słuchowe są dostatecznie rozwinięte, by móc przewodzić sygnały, działają już także płaty skroniowe mózgu, odpowiedzialne za przetwarzanie dźwięków. Płód słyszy dźwięki o niskiej częstotliwości,

jednym z pierwszych jest szum krwi pulsującej przez aortę matki z każdym uderzeniem jej serca. Sześcio-, siedmiomiesięczny organizm słyszy już praktycznie pełen zakres **głosu matki**[112], choć ten dociera do niego w nieco przytłumionej formie. Niektóre tony i układy dźwięków, mówionych lub śpiewanych, potrafią skłonić go, by zaczął lub przestał się poruszać, zdarza się też, że matka i dziecko uczą się ze sobą „rozmawiać" – płód reaguje na niektóre dźwięki, zwłaszcza melodyjne, a matka, wyczuwając to, świadomie je powtarza.

Dzięki badaniom ultrasonograficznym pierwszym odgłosem wydawanym przez dziecko, który mogą dziś usłyszeć rodzice, jest bicie maleńkiego serca wewnątrz łona matki. Kiedy usłyszałem je po raz pierwszy jako przyszły ojciec, tempo tego rytmu – grubo ponad sto uderzeń na minutę – wydało mi się ekscytujące i przerażające zarazem. Widząc moją niewyraźną minę, pielęgniarka łagodnym tonem wyjaśniła, że taka częstotliwość jest zupełnie normalna dla dziecka na tym etapie rozwoju. Trochę mnie to uspokoiło, ale nadal siedziałem oniemiały.

Gdy spojrzeć na to w kontekście całego królestwa zwierząt, serce ludzkiego dziecka nie bije ani specjalnie wolno, ani specjalnie szybko. Serce kolibra wykonuje ponad tysiąc uderzeń na minutę. U małża dzieje się to dwa razy na minutę, kiedy jest w stanie spoczynku, a w chwilach ekscytacji puls wzrasta do dwudziestu uderzeń na minutę. Mimo to szybkie bicie serca płodu, noworodka albo małego dziecka – rytm dopiero rozpoczynającego się życia – pozostaje dla mnie jednym z najbardziej zachwycających zjawisk na świecie: pięknym i jednocześnie niepokojącym w swej nieustępliwości.

W stresie, radości lub podnieceniu całkiem często stajemy się świadomi – czy też tak nam się wydaje – bicia własnego serca. Nie postrzegamy w ten sposób żadnego innego z naszych narządów, a skręt kiszek czy rozstrój żołądka to zupełnie inna para kaloszy. Owo doświadczenie tylko wzmacnia w nas poczucie, że serce odgrywa kluczową rolę w sprawach najważniejszych dla naszego istnienia. Takie

podejście nie jest oczywiście niczym nowym. W starożytnym Egipcie serce, czyli *Ib*, uważano za najważniejszą manifestację duszy, a szczęście określano mianem *Awt-ib*, oznaczającym dosłownie „szerokość serca". Ze zmumifikowanych zwłok usuwano wszystkie narządy, zostawiając jedynie serce, aby bóg Anubis mógł porównać jego wagę z piórem Maat, bogini prawdy, harmonii i sprawiedliwości, i ocenić, czy człowiek dobrze przeżył swoje życie. Do dziś w różnych tradycjach postrzega się je jako esencję tego, co w nas najcenniejsze. W skandowanej podczas medytacji hinduistycznej pieśni nabożnej *Laghunyasa*, wedle której Sziwa – Istota Najwyższa stwarzająca, chroniąca i przekształcająca wszechświat – zamieszkuje właśnie w sercu. Podczas sufistycznej modlitwy tańczący derwisze obracają się od prawa do lewa, wokół osi serca, aby wyrazić miłość, jaką obejmują całą ludzkość. Natomiast z dorobku europejskiej tradycji romantycznej wielu zgodziłoby się z deklaracją Johna Keatsa: **„Nie jestem pewien niczego prócz świętości porywów serca i prawdy wyobraźni"**[113]. Według ostatnich badań naukowych ludzie, którzy są świadomi bicia własnego serca, potrafią także lepiej odczytywać emocje innych.

Próby zachowania poczucia przyzwoitości w mrocznych czasach nierzadko odwoływały się do podobnych skojarzeń. W latach sześćdziesiątych z obawy, że ogromne odległości i abstrakcyjny język przysłonią amerykańskiemu prezydentowi rzeczywistą skalę ataku atomowego, prawnik Roger Fisher zaproponował, aby młody oficer stale towarzyszący głowie państwa nie nosił kodów do głowic w walizce, lecz miał je ukryte w małej kapsułce zaszytej chirurgicznie pod sercem. Wówczas, gdyby prezydent zdecydował, że zamordowanie dziesiątek milionów ludzi jest naprawdę konieczne, dla uzyskania kombinacji musiałby wziąć do ręki rzeźnicki nóż i osobiście wyciąć mężczyźnie serce. Fisher opowiadał, że gdy przedstawił pomysł znajomym z dowództwa naczelnego w Pentagonie, usłyszał: „Boże, przecież to straszne… [Prezydent] mógłby nigdy nie wcisnąć guzika". Ale serce można także podstępnie zaprzęgnąć do służby systemom kontroli

i opresji. W satyrycznej powieści Dave'a Eggersa *Krąg* z 2013 roku główna bohaterka Mae Holland nosi dokładnie na wysokości serca śliczny wisiorek z wbudowaną miniaturową kamerką, stanowiącą element nowego, **uniwersalnego systemu nadzoru**[114]. W realnym świecie już dziś niektóre firmy zaczynają wprowadzać u siebie czujniki socjometryczne, które zawieszone na szyi pracowników monitorują każdy ich ruch i każdą interakcję z otoczeniem.

Odkrycie serca

Przez większość historii ludzkości bardzo niewiele wiedzieliśmy na temat tego, czym właściwie jest serce i w jaki sposób działa. Może się to wydawać dziwne nam, ludziom wychowanym w nowoczesnych społeczeństwach przemysłowych, ale koncepcja, że główna funkcja serca sprowadza się do pompowania krwi do wszystkich części ciała, nie jest żadną miarą intuicyjna. Krążenie krwi po organizmie nie jest ani trochę bardziej zauważalne gołym okiem niż fakt, że Ziemia krąży wokół Słońca. Żyły i tętnice zdają się zanikać gdzieś w głębi tkanek, a naczynia włosowate, które – jak dziś wiemy – łączą je, zamykając obieg, są tak maleńkie, że da się je zobaczyć tylko pod mikroskopem.

Rzymski lekarz Galen, który żył w II wieku n.e., a sformułowane przez niego koncepcje zdominowały europejską medycynę na ponad półtora tysiąca lat, był pod wrażeniem rozmiaru wątroby oraz centralnego umiejscowieniu w ludzkim organizmie. To właśnie ten narząd uważał za główny ośrodek życia. Nauczał, że krew to jeden z czterech humorów, czyli płynów ustrojowych (pozostałe to żółć, czarna żółć i flegma). Strawiony w brzuchu pokarm miał według niego trafiać przez żyłę wrotną do wątroby, która przekształcała go w krew i napełniała ją, jak określał to Galen, „naturalnym duchem". Stamtąd ten koktajl wędrował ociężale żyłami głównymi do wszystkich tkanek ciała, które pochłaniały ducha, a następnie krew wracała tą samą drogą po

kolejną porcję. Jednocześnie część krwi miała kierować się do prawej strony serca, gdzie stykała się z powietrzem, które napłynęło z płuc. W efekcie tego zderzenia powstawał swego rodzaju ogień i stąd brało się ciepło, tak charakterystyczne dla żywego ciała. Żar jednak nie spalał krwi, a oczyszczał, z kolei ona, przeniknąwszy jakimś sposobem przez przegrodę pośrodku serca do jego lewej komory, wytwarzała „życiodajnego ducha", który następnie płynął tętnicami, by zwiększyć prędkość ruchów w ciele oraz myśli w mózgu.

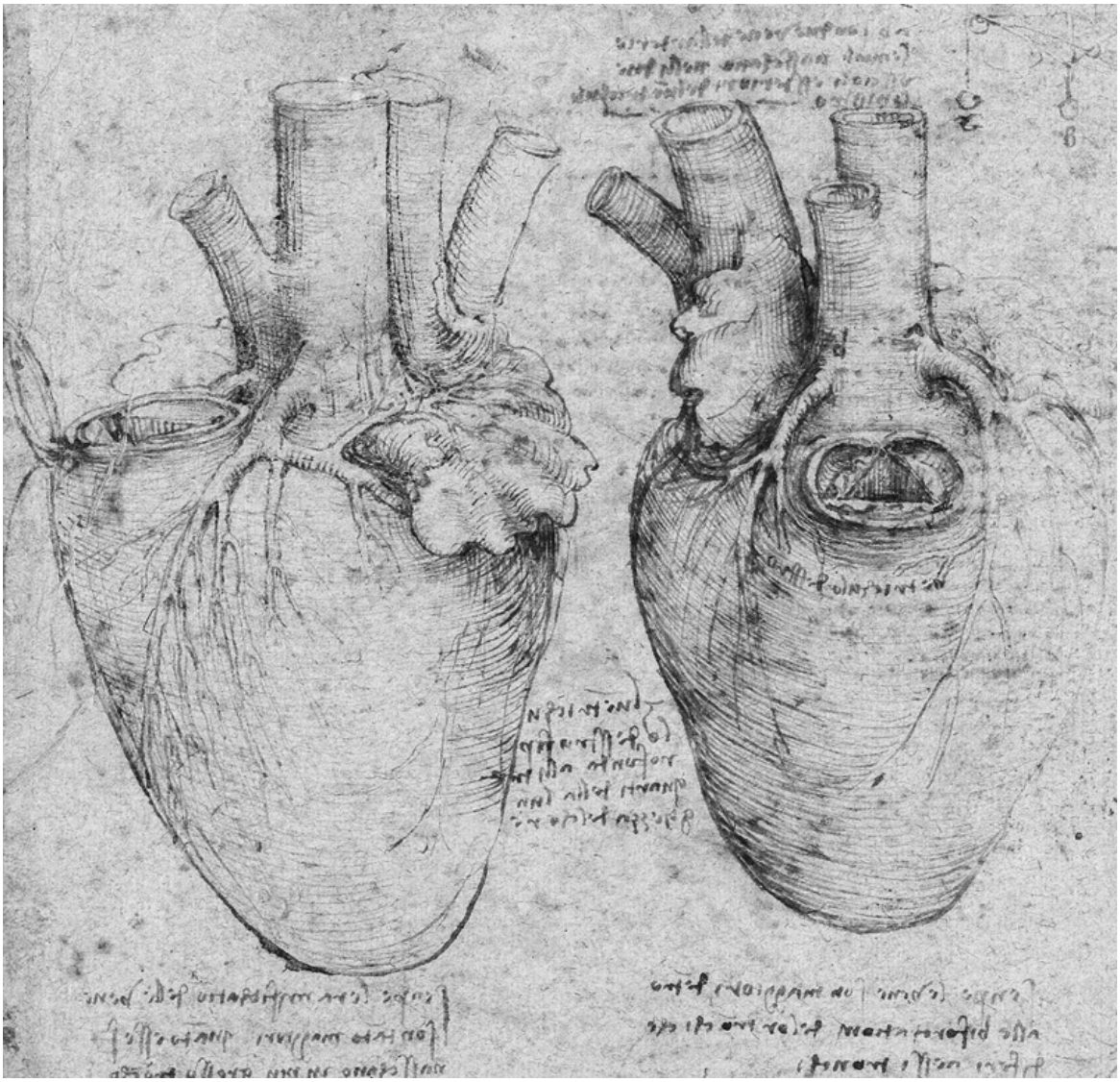
Teorie Galena na temat serca całkowicie mijały się z prawdą i dawno temu zostały odrzucone przez medycynę. Ale jego doktryna czterech humorów – w zmodyfikowanej postaci czterech temperamentów – okazała się zadziwiająco żywotna. Kryje się za takimi koncepcjami jak test Myers-Briggs określający różne typy osobowości, który był całkiem szeroko stosowany jeszcze pod koniec XX wieku. Przetrwała nawet w umysłach naukowców z wyimaginowanej przyszłości. W powieści science fiction *Czerwony Mars* Kima Stanleya Robinsona z 1993 roku, opisującej kolonizację tej planety w XXI wieku, psycholog Michel Deval ze zdziwieniem odkrywa, że ta prastara klasyfikacja przydaje się do zanalizowania typów osobowości pierwszych kolonistów. Być może nieprzemijający urok teorii Galena polega na tym, że zdaje się odkrywać przed nami tajemnicę cielesnego bytu, nie zostawiając miejsca na wątpliwości ani niedomówienia – a to szczególnie mile widziane w obliczu choroby czy niepokoju. Tymczasem nowoczesna medycyna, ta na najwyższym poziomie, akceptuje złożoność i niepewność. Ludzkie ciało, tłumaczy lekarz Atul Gawande, potrafi być „przerażająco zawiłe, niezgłębione, trudne do rozszyfrowania", a ta świadomość bywa dla nas mniej pocieszająca niż fałszywa nadzieja.

Jedne z największych kroków ku poznaniu natury serca poczynił na początku XVI wieku Leonardo da Vinci. Pod pewnymi względami jego dogłębna analiza pozostała niedościgniona aż do późnego wieku XX. W okresie mniej więcej od 1508 do 1513 roku, kilka lat przed śmiercią, Leonardo rozpoczął szczegółowe badania anatomii człowieka –

szkieletu, mięśni, ścięgien i nerwów, układu rozrodczego oraz najważniejszych organów, przede wszystkim serca. Będąc **inżynierem wojskowym**[115], jak również utalentowanym artystą, wykorzystał w badaniach swą wiedzę na temat dźwigni i przepływu cieczy oraz subtelnych ruchów żywych istnień. Sporządził szkice anatomiczne charakteryzujące się niezrównanym stopniem precyzji, nie wspominając o godnej podziwu kresce. Być może po kilkudziesięciu latach prób uchwycenia na swoich obrazach zachwytu nad zewnętrzną formą człowieka Leonardo udał się w końcu na poszukiwanie piękna, które, posiłkując się słowami pisarki Ursuli Le Guin, sięga nie tylko na głębokość skóry, ale na głębokość życia.

Pracując przez większość czasu na sercach wołowych i świńskich, a dopiero później także ludzkich, Leonardo zdał sobie sprawę, że ten organ jest nade wszystko mięśniem. Znalazł cztery jamy tam, gdzie według Galena były tylko dwie, oraz odkrył, że para górnych, czyli przedsionków, kurczy się jednocześnie, po czym następuje skurcz jam dolnych, czyli komór. Puls w nadgarstku okazał się zsynchronizowany z biciem serca i nasz bohater podjął próbę obliczenia pojemności minutowej (ilości krwi, którą przetacza serce w ciągu minuty). Stwierdził jednokierunkowy charakter zastawek, co było nie do pogodzenia z teorią Galena o nieprzerwanym wpływie i odpływie krwi. Doszedł również do wniosku, że turbulentny przepływ pomaga w otwieraniu i zamykaniu się zastawek – zjawisko to zostało w pełni zrozumiane dopiero pod koniec XX wieku. Odkrył i naszkicował tętnice oskrzelowe, a także opisał beleczkę przegrodowo-brzeżną. Słusznie uznał ją za mięśniowy pomost pomiędzy ściankami prawej komory, który zapobiega jej nadmiernemu rozdęciu. Liczne obserwacje da Vinciego były tak wnikliwe, że trudno uwierzyć, by mógł nie domyślić się, iż serce pompuje krew do wszystkich części ciała. W jego zapiskach, które zachowały się do dziś, nie ma jednak jednoznacznego stwierdzenia tego wniosku. Leonardo nigdy nie opublikował swoich badań nad sercem – powyższe odkrycia były zupełnie nieznane w jego

czasach i pozostawały zapomniane przez niemal pięćset lat, dopóki te szkice i notatki nie trafiły wreszcie w ręce ekspertów. W rezultacie następcy Leonarda musieli działać po omacku, pozbawieni dostępu do zdobytej przez niego wiedzy na temat serca.



W dziele *Budowa ludzkiego ciała*, wydanym w 1543 roku, Andreas Wesaliusz przedstawił swoje mapy wewnętrznego świata stworzone z wykorzystaniem standardów rządzących sztukami pięknymi, jak również gwałtownie rozwijającej się kartografii opartej na empirycznych obserwacjach. Wesaliusz, który nauczał anatomii na uniwersytecie w Padwie, przeprowadzał niezwykle skrupulatne sekcje

zwłok, dzięki czemu był w stanie skorygować wiele błędów Galena, takich jak koncepcja, że główne naczynia krwionośne mają swój początek w wątrobie. Podważył także teorię, wedle której krew przenikała przez niewidoczne pory w przegrodzie serca. Nie potrafił jednak całkiem odrzucić ciężaru tradycji i podtrzymywał Galenowski pogląd o tym, że naszymi żyłami i tętnicami płyną różne rodzaje krwi. Niemniej sceptycyzm Wesaliusza i jego wiara w bezpośrednią obserwację zainspirowały innych do dalszego kwestionowania autorytetu Galena.

Ostateczne zerwanie z naukami Galena było zasługą Williama Harveya, który studiował medycynę w Padwie na początku XVII wieku pod okiem bezpośrednich następców Wesaliusza. Harvey przeprowadzał śmiałe, choć makabryczne eksperymenty. Przecinał tętnice psom, żeby zmierzyć, ile krwi tryskało z ich wciąż bijących serc. Stało się jasne, że wątroba nie byłaby fizycznie w stanie wyprodukować takiej ilości krwi, jaką serce przepompowuje w ciągu kilku minut, nie wspominając o całej godzinie. W perspektywie dobowej mówimy tu bowiem o **tonach**[116] krwi. Jedyne wyjaśnienie, stwierdził Harvey w 1628 roku, jest takie, że krew musi płynąć w całkowicie zamkniętym obiegu.

W uznaniu za to odkrycie Harveya obwołano Galileuszem medycyny. Ale jego teoria pod pewnymi względami była nadal niedoprecyzowana, wciąż nawiązywała do niektórych aspektów wizji Galena, a także zachowywała elementy mistycyzmu. Na przykład nie mając wiedzy o istnieniu i naturze tlenu, Harvey pisał, że krew jest „lotna" i „napełniona duchem", który podgrzewa się i ochładza zgodnie z Galenowskimi prawidłami. Popierał także koncepcję – propagowaną przez jego przyjaciela, Roberta Fludda, lekarza i przedstawiciela filozofii hermetycznej – wedle której ruch okrężny stanowi wyraz woli boskiej. W swoim dziele *Utriusque cosmi,* monumentalnej historii makro- i mikrokosmosu opublikowanej w latach 1617–1621, Fludd napisał, że gdy Bóg stworzył swym boskim tchnieniem świat, ten poruszał się po okręgu, co znalazło także odzwierciedlenie w okrężnym

ruchu Słońca po nieboskłonie. I jako w niebie, tak i na Ziemi Słońce za pomocą cyrkulacyjnych prądów powietrznych słało boski wiatr na naszą planetę, gdzie – pod postacią „kwintesencji powietrza" – wnikał do ciała człowieka poprzez płuca, a następnie trafiał do serca, które wprowadzało go w kolejny, znacznie mniejszy obieg.

Kartezjusz był jednym z pierwszych i najbardziej wpływowych obrońców Harveyowskiej koncepcji obiegu krwi w organizmie. Podkreślał mechaniczne aspekty tej teorii, porównując serce do pompy oraz do zegara. Dziś może się to nam wydawać przesadnym uproszczeniem, ale obie analogie zawierają sporą dozę prawdy. Niezawodna regularność pracy zdrowego serca naprowadziła samego Galileusza na jeden z jego najgenialniejszych pomysłów. Podobno kilkadziesiąt lat przed odkryciem cyrkulacji krwi przez Harveya młody Galileusz obserwował kandelabry dyndające pod kościelnym sklepieniem i mierząc czas za pomocą własnego pulsu, stwierdził, że okres ich wahań jest taki sam niezależnie od stopnia wychylenia. Podsunęło mu to pomysł oparcia mechanizmu zegara właśnie o działanie wahadła, a w 1637 roku – pod koniec życia, kiedy znajdował się w areszcie domowym za głoszenie, że Ziemia kręci się wokół Słońca – naszkicował projekt takowego urządzenia. Wprawdzie nie zdążył go już skonstruować, ale w 1656 roku, czternaście lat po jego śmierci, zrobił to Christiaan Huygens. Dokładność wynalazku znacznie przewyższała dokładność zegarów, zredukowała margines błędu z około piętnastu minut do piętnastu sekund na dobę.

Dla Kartezjusza ciało było maszyną, materialnym obiektem, który otrzymywał instrukcje od niematerialnego umysłu i duszy za pośrednictwem **szyszynki**[117] – struktury znajdującej się pośrodku mózgu i działającej trochę jak siedemnastowieczny odpowiednik odbiornika Wi-Fi. Dziś ten model nie jest akceptowany nawet przez tych, którzy wyraźnie rozgraniczają powłokę i duszę, ale nie oznacza to, że ciało i jego wewnętrzne narządy, w tym serce, nie mają nic wspólnego z mechanizmami. W istocie są mechanizmami o wiele

bardziej finezyjnymi i skomplikowanymi, niż był sobie to w stanie wyobrazić Kartezjusz i – abstrahując od wszystkiego innego, co wiemy o ich naturze – patrząc na nie z tej perspektywy, możemy z pewnością rozszerzyć zakres naszego rozumienia cudów.

Krótka wycieczka wokół serca

Zaciśnijcie lekko pięść i połóżcie ją na swojej klatce piersiowej, mniej więcej o długość kciuka poniżej punktu, w którym zbiegają się obojczyki. To powinno dać wam pojęcie o rozmiarze waszego serca i jego położeniu po wewnętrznej stronie klatki piersiowej. Teraz ściśnijcie palce, wkładając w to mniej więcej tyle siły, ile trzeba by użyć do ściśnięcia piłki tenisowej, a potem je rozluźnijcie. Wykonaliście właśnie ruch podobny do tego, który wykonuje wasze serce przy każdym uderzeniu (gdy piszę te słowa, moje robi to jakieś pięćdziesiąt razy na minutę). Zdrowe serce bije niezmordowanie około stu tysięcy razy na dobę, a u człowieka żyjącego **osiemdziesiąt lat**[118] uderzy w sumie trzy miliardy razy. Mięsień sercowy nigdy się nie męczy, ponieważ jest wyjątkowo bogaty w mioglobinę (służącą do krótkoterminowego magazynowania tlenu w ramach oddychania aerobowego) oraz glikogen (magazynujący energię). Ma także nieprzeciętnie duże mitochondria, które, jak wiemy z rozdziału 2, stanowią centrum zasilania komórki, a do tego w każdej komórce serca jest ich około dziesięciu razy więcej niż we wszystkich innych mięśniach.

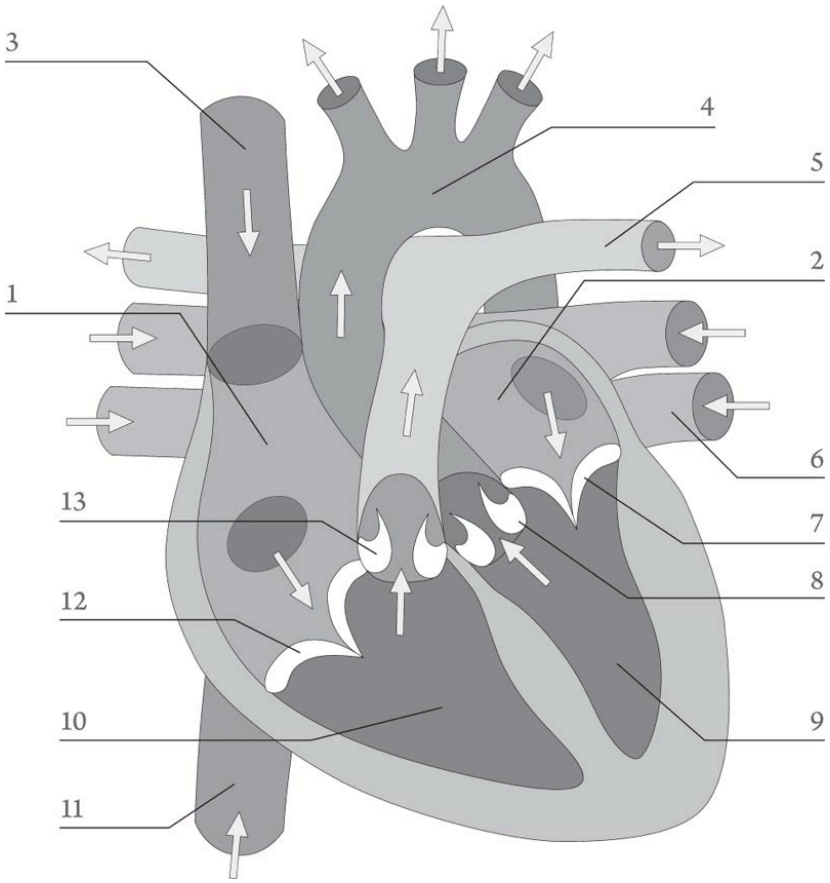
Teraz spróbujcie posłuchać swojego – lub czyjegokolwiek – serca za pomocą stetoskopu. Usłyszycie podwójny dźwięk, który zwykło się zapisywać jako „lub-dub". „Lub" to odgłos wydawany przez dwie duże zastawki, zwane dwudzielną (mitralną) i trójdzielną. Zamykają się równocześnie podczas aktywnej części uderzenia, znanej jako skurcz serca, kiedy to krew jest wypychana z dwóch większych jam zwanych komorami. „Dub" to pozostałe dwie zastawki, czyli zastawka pnia

płucnego i aorty. Zamykają się, aby zapobiec cofnięciu się krwi podczas ponownego napełniania się komór. Te miękkie, rytmiczne dźwięki porównuje się czasem do stukania palcem w rękawiczce o biurko z obitym skórą blatem. To niezła analogia, ale nie oddaje pełni zjawiska. Subtelność detali sprawia bowiem, że te intymne, pierwotne odgłosy są u każdego nieco inne, a zatem dwusylabowe „lub-dub" to ani trochej, ani jamb, tylko powtarzana w nieskończoność deklaracja „**to ja**[119]".

Serce pompuje krew jednocześnie w dwóch obiegach różnej wielkości. Obwody te przecinają się w nim, tworząc niekończącą się pętlę, jak przekrzywiony symbol nieskończoności albo wstęga Möbiusa. Większa część serca, u niemal wszystkich z nas znajdująca się po lewej stronie (wyjątek zdarza się raz na dziesięć tysięcy przypadków), napędza krwiobieg duży, pompując świeżo utlenioną krew tętnicami do tkanek w całym organizmie. Oddaje tlen tkankom w celu pobudzenia **oddychania komórkowego**[120] oraz wchłania dwutlenek węgla i wodę, po czym wraca żyłami do mniejszej części serca. Tam rozpoczyna się mały krwiobieg, w którym krew przepływa pokrywającymi ściany płuc maleńkimi naczynkami, gdzie uwalniają się dwutlenek węgla i woda (które zostaną wydalone wraz z wydychanym powietrzem), jednocześnie pozyskując świeży tlen. Następnie powraca do większej części serca, aby udać się w ponowną podróż po całym ciele. W samym sercu zawsze znajduje się około 12% całej naszej krwi, 70% uczestniczy w obiegu dużym, a 18% w krążeniu płucnym.

Jednym z cudów serca, jak tłumaczy kardiolog Vivek Muthurangu, jest sama siła i wydajność jego skurczów. Pojedyncza komórka mięśnia sercowego, zwana kardiomiocytem, zmniejsza się tylko o mniej więcej piętnaście procent przy każdym skurczu, ale większa ich liczba jest w stanie wywołać znacznie mocniejszy skurcz całego mięśnia. Ogólna zasada jest dosyć jasna: pęki mięśni owijają się wokół serca, powodując ruch skrętny, którego efektem jest silniejszy ścisk, kiedy następuje skurcz komór. Ostatnio naukowcy uznali jednak, że to o wiele za mało, aby wytłumaczyć skalę kurczliwości. Wygląda bowiem na to, że

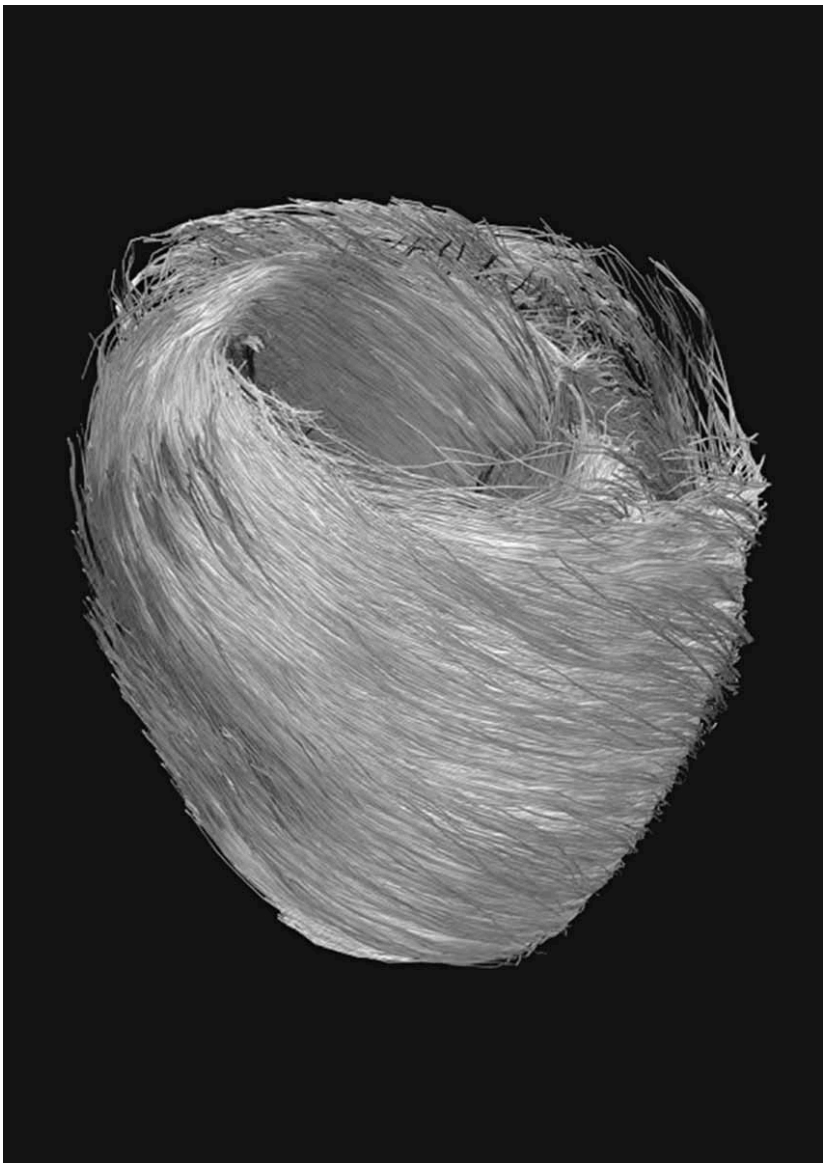
zarówno mikro-, jak i makrostruktury wewnątrz mięśnia zachowują się w bardziej złożony i zniuansowany sposób, niż zdawaliśmy sobie sprawę. Warstwy mięśni potrafią na przykład obracać się podczas skurczu, potęgując tym samym skręt większych struktur, których są częścią. Szczegóły działania tych mechanizmów nie są jeszcze do końca znane.



1 – prawy przedsionek, 2 – lewy przedsionek, 3 – żyła główna górna, 4 – łuk aorty, 5 – lewa tętnica płucna, 6 – żyła płucna dolna, 7 – zastawka mitralna, 8 – zastawka aortalna, 9 – komora lewa, 10 – komora prawa, 11 – żyła główna dolna, 12 – zastawka trójdzielna, 13 – zastawka pnia płucnego

Pojedyncza komórka mięśnia sercowego kurczy się samoistnie, przez co bez mocnego zewnętrznego sygnału koordynującego ich pracę dwa miliardy komórek znajdujących się w ścianach serca mogą wypaść z rytmu. Kiedy tak się dzieje, mamy do czynienia z **fibrylacją**[121], czyli migotaniem komór – serce zaczyna wykonywać chaotyczne, arytmiczne

spazmy i przestaje pompować krew. Rytm, który utrzymuje nas przy życiu, jest generowany przez naturalny rozrusznik, czyli **węzeł zatokowo-przedsionkowy**[122], zespół kilku tysięcy wyspecjalizowanych komórek w ścianie serca nad prawym przedsionkiem. Aby zainicjować uderzenie, węzeł kurczy się, wytwarzając impuls elektryczny, który następnie rozchodzi się po tkankach organu. Sygnał w pierwszej kolejności wędruje do przedsionków, doprowadzając do ich skurczu. Trafia także do drugiego węzła, zwanego przedsionkowo-komorowym, który opóźnia go do chwili osiągnięcia pełnego skurczu przedsionków. Kiedy to nastąpi i krew zostanie wypchnięta do komór, ów drugi węzeł przekazuje impuls dalej, przez co po kolei kurczą się obie komory.



Rezonans magnetyczny włókien serca.

Sygnał z węzła zatokowo-przedsionkowego jest dostatecznie silny, by wprawić w ruch cały ten proces, ponieważ wszystkie jego komórki uruchamiają się dokładnie w tym samym momencie. To przykład synchronii, zjawiska, które da się zaobserwować w szerokim wachlarzu systemów, włączając w to zarówno organizmy żywe, jak i materię nieożywioną. We wszystkich tego typu układach pojedyncze oscylatory są sprzężone za pośrednictwem procesów fizycznych, chemicznych lub – jak w przypadku serca – elektrochemicznych, które pozwalają im

oddziaływać na siebie wzajemnie w odpowiednio krótkich przedziałach czasowych. W systemach nieożywionych synchronię można osiągnąć z pomocą rozmaitych sił, od delikatnych wibracji (co tłumaczy, dlaczego zegary wahadłowe albo mechaniczne metronomy ustawione na tym samym blacie prędzej czy później dostosowują się do siebie) po grawitację w przestrzeni kosmicznej (czego ilustracją mogą być orbity niektórych planet). W świecie istot żywych jednym z najbardziej spektakularnych przykładów, poza sercem, są świetliki migające do rytmu podczas wielokilometrowych nocnych lotów wzdłuż rzek w tropikalnych rejonach Azji Południowo-Wschodniej. Matematyk Steven Strogatz napisał, że to zjawisko „piękne i dziwne zarazem, wywołujące nieodparcie religijne skojarzenia [...] to coś cudownego i przerażającego, co dotyka nas na poziomie najbardziej pierwotnym". Jak stwierdził, tego rodzaju spontanicznie wykształcający się ład może zawierać w sobie tajemnicę wszechświata.

Jestem w stanie gapić się na meduzę tak długo, że przeciętny człowiek uznałby to za niezbyt zdrową fascynację. Szczególnie lubię te najdziwniejsze odmiany. Na przykład kostkowce, które występują głównie w płytkich tropikalnych wodach Indo-Pacyfiku, mają oczy wyposażone w siatkówkę, rogówkę i soczewkę – wyglądają całkiem humanoidalnie z tym wyjątkiem, że ich trójdzielność pozwala im, niczym jakimś popromiennym mutantom, patrzeć w trzech kierunkach jednocześnie. Kto wie, może nawet gdy obserwuję te pozbawione mózgu istoty, one również wpatrują się we mnie. Tymczasem w odległym Palau, w wodach przybrzeżnych jezior, którymi upstrzone są tamtejsze wyspy w kształcie grzybów, krążą niestrudzenie złote meduzy o konsystencji gęstej zupy, jakby nieświadomi otaczającego ich świata pielgrzymi. Z kolei na otwartym oceanie bioluminescencyjne *Atolla gigantea*, przypominające czerwone, wąsate latające spodki, rozjaśniają głębiny leżące daleko poza zasięgiem promieni słonecznych.

Dla mnie wszystkie te dziwaczne okazy kryją w sobie piękno. Ale nawet najpospolitsza meduza fascynuje mnie ze względu na sam

sposób poruszania się – każda pulsuje i tłucze w wodę dokładnie tak samo jak jej przodkowie żyjący ponad pięćset milionów lat temu w okresie kambryjskim, a niewykluczone, że i wcześniej. Na przykładzie tych stworzeń mamy więc szansę zaobserwować jedną z najwcześniejszych metod przemieszczania się w królestwie zwierząt, która nie zmieniła się od ponad pięciuset milionów lat. Pulsowanie meduzy prawdopodobnie jest starsze nawet od ognia: spalanie się węgla i innych substancji w obecności tlenu rozpoczęło się na Ziemi nie wcześniej niż jakieś czterysta siedemdziesiąt milionów lat temu, w ordowiku. W 2012 roku naukowcy z Harvardu przymocowali komórki serca ssaka do wafla krzemowego, aby stworzyć cybernetyczną meduzoidę, której puls był niemal nieodróżnialny od pulsu oryginalnej meduzy. Jedno jest pewne: choć ostatni wspólny przodek meduz i ludzi żył sześćset milionów lat temu, prążkowane włókna mięśniowe obu gatunków wykazują **zauważalne podobieństwo**[123]. Rytm, czy też puls, jest zatem starszy od samego serca.

Jeśli mamy w pełni docenić rolę serca u stworzeń oddychających powietrzem, takich jak my sami, musimy także bliżej przyjrzeć się płucom. To dlatego, że serce – nasz najbardziej umięśniony narząd – istnieje, by służyć jako pomost pomiędzy płucami (najbardziej eteryczną częścią ciała) a wszystkimi komórkami w organizmie. Za każdym razem, gdy bierzemy wdech, powietrze przemierza 2400 kilometrów rozgałęziających się rurek, żeby dotrzeć do 500 milionów maleńkich woreczków w płucach, a już po chwili z powrotem je wydychamy. Powierzchnia każdego z tych woreczków, zwanych pęcherzykami płucnymi, pokryta jest naczyniami krwionośnymi, które absorbują tlen z powietrza, a wypuszczają do niego dwutlenek węgla i wodę. Ich całkowita powierzchnia u dorosłego człowieka wynosi jakieś siedemdziesiąt metrów kwadratowych – ponoć tyle samo, ile wynosi łączna powierzchnia wszystkich liści piętnasto- czy dwudziestoletniego dębu. I w jakimś sensie płuca stanowią przeciwieństwo **drzewa**[124]: pęcherzyki płucne (puste, a nie mięsiste jak liście) wchłaniają tlen

i oddają dwutlenek węgla, podczas gdy liście w trakcie fotosyntezy przeprowadzają dokładnie odwrotny proces. Nasze płuca chwytają kawałek nieba i wprowadzają go do wnętrza naszego niezgrabnego ciała.

Spośród zamieszkujących Ziemię żywych istot, które potrzebują tlenu, większość jest bardzo mała i radzi sobie całkiem dobrze bez pomocy serca oraz płuc. U oddychających bakterii i jednokomórkowych organizmów, takich jak ameby, tlen po prostu przenika przez ścianę komórki w drodze dyfuzji, a naturalne ruchy ciała roznoszą go tam, gdzie jest potrzebny. Niektóre wielokomórkowe organizmy, jak na przykład tasiemce, które nie posiadają płuc, serca ani trzewi, również wchłaniają tlen i składniki odżywcze do organizmu poprzez dyfuzję. Nawet całkiem duże zwierzęta, między innymi żaby, pobierają część niezbędnego tlenu bezpośrednio przez skórę. Jednak u istot większego rozmiaru tlen nie jest już w stanie dostać się do położonych najgłębiej komórek dostatecznie szybko poprzez proste mechanizmy ruchu czy dyfuzji. Na drodze zwyczajnie stoi zbyt wiele innych komórek. Gąbki, które czasem potrafią nawet przerosnąć człowieka, rozwiązują ten problem, opierając swoją strukturę na sieci rurek przepuszczających przez ich wnętrze prądy wodne wraz z tlenem, substancjami odżywczymi i odpadkami. Praktycznie wszystkie owady wchłaniają dużą część potrzebnego im tlenu bezpośrednio przez maleńkie tunele, którymi powietrze przelatuje przez ich ciała. Oddychają poprzez łagodne rozszerzanie i kurczenie całej powierzchni organizmu – wciągają tymi małymi otworami powietrze i z powrotem je wypuszczają. Niektóre, jak na przykład konik polny, mają też rurkowate serca ciągnące się od głowy do podstawy ciała, które poruszają się perystaltycznie, niczym maleńka meksykańska fala. Jednak narządy te pompują coś, co nazywamy hemolimfą, czyli płyn zawierający jony, węglowodany, lipidy, glicerynę, aminokwasy i hormony – ale nie tlen.

Krew to likwor całkiem osobliwy

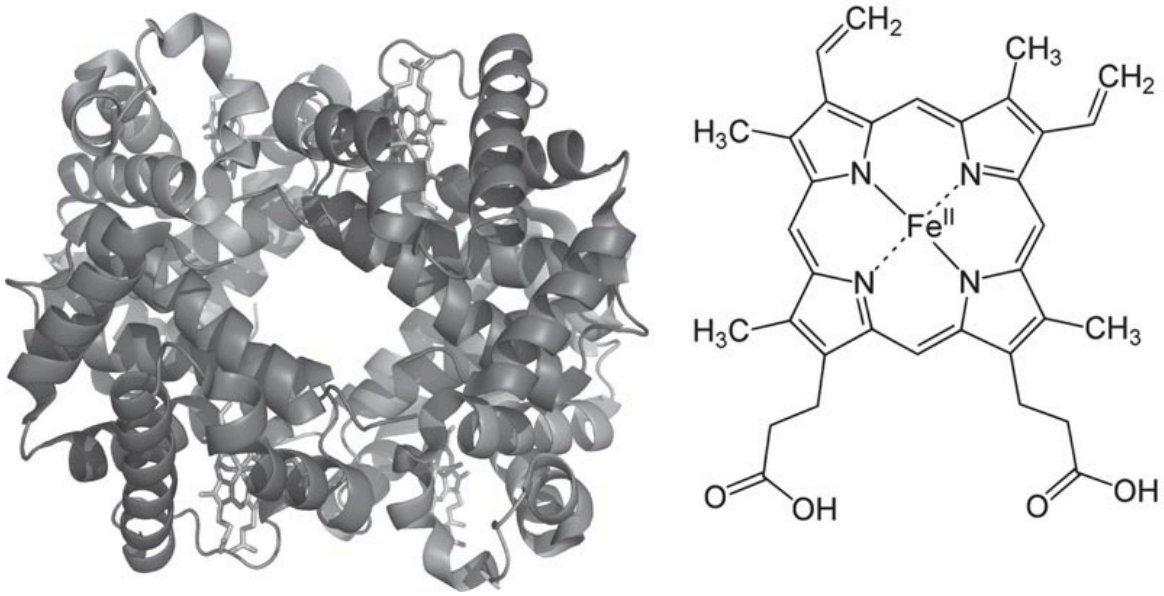
Tlen jest wysoce reaktywnym gazem (wystarczy wspomnieć jedno słowo: ogień) i potrafi wyrządzić wielkie szkody tkankom ciała. Przydaje się zatem mieć jakieś zabezpieczenie, które zapobiega wchodzeniu przez niego w reakcję z mijanymi częściami ciała, dopóki nie dotrze tam, gdzie jest potrzebny. Z tej właśnie przyczyny zwierzęta wykształciły ewolucyjnie coś, co Mefistofeles w *Fauście* Goethego nazwał „**likworem całkiem osobliwym**[125]" – płyn zawierający specjalne komórki, które wiążą pobrany w trakcie wdechu tlen i uwalniają go dopiero w reakcji na określone sygnały, na przykład wzmożone zakwaszenie środowiska wywołane wysokim stężeniem dwutlenku węgla. U nas i innych kręgowców są to rzecz jasna czerwone krwinki. W każdej chwili wszyscy mamy ich w ciele ponad dwadzieścia bilionów (co, pomijając żyjące w nas i na nas bakterie, stanowi grubo ponad połowę wszystkich komórek w organizmie), a wykonanie pełnego obiegu zajmuje im około minuty.

Zwizualizowanie sobie dwudziestu bilionów krwinek niemalże przekracza możliwości ludzkiej wyobraźni, ale z pewnością warto spojrzeć z bliska na mały wycinek tego ogromu. „Bezpośrednia obserwacja zjawisk wywiera nieopisanie wręcz niepokojący, a zarazem transformacyjny wpływ na naszą mentalną inercję – pisał dziewiętnastowieczny anatom Santiago Ramón y Cajal. – Ma w sobie jakiś ekscytujący, ożywczy aspekt, który jest całkiem nieobecny lub ledwie zauważalny, nawet w najwierniejszych kopiach czy opisach rzeczywistości". Wspominając pierwszy rok swoich studiów medycznych we wczesnych latach siedemdziesiątych XIX wieku, kiedy po raz pierwszy obserwował krążenie krwi pod mikroskopem, Ramón y Cajal przeniósł się do innego świata:

> Podczas tego niezwykłego spektaklu czułem się, jakbym doznał objawienia. Byłem oczarowany widokiem czerwonych i białych komórek krwi poruszających się jak kamyki płynące z nurtem strumienia; tym, że przecisnąwszy się przez

> najciaśniejsze naczynia włosowate, czerwone krwinki dzięki swym elastycznym właściwościom w mgnieniu oka odzyskiwały kształt niczym sprężyna. […] Miałem wrażenie, jakby ktoś uchylił kurtynę przysłaniającą dotąd moją duszę.

Czerwone krwinki, zwane też erytrocytami, o średnicy wynoszącej zaledwie 7,5-milionowych metra, zaliczają się do najmniejszych komórek w naszym organizmie. Choć trudno w to uwierzyć, pasożyt wywołujący malarię – złożony pierwotniak – spędza część swojego cyklu życiowego wewnątrz tej mikroskopijnej przestrzeni, wykorzystując krwinki jako środek transportu w drodze do wątroby, gdzie osiada na stałe i zaczyna się rozmnażać. A jak zauważył Ramón y Cajal, naczynia włosowate, którymi wędrują erytrocyty, są węższe od nich samych, a zatem krwinki muszą się przez nie przeciskać (wspomaga to uwalnianie tlenu i absorpcję dwutlenku węgla oraz wody). Następnie szybko wracają do właściwego kształtu jak składane frisbee, które samo rozprostowuje się po zgnieceniu. Naukowcy odkryli ostatnio, że czerwone krwinki, napędzane przenoszącymi energię molekułami ATP, nieustannie wibrują jak mocno napięta membrana bębna. Dzięki temu są w stanie zachować charakterystyczny kształt spłaszczonego, owalnego dysku. Częstotliwość tych drgań, rzędu wielu milionów na sekundę, stanowi wyznacznik dobrej kondycji erytrocytów.



Schemat cząsteczki hemoglobiny oraz jednej z jej grup hemowych.

Każda zdrowa czerwona krwinka zawiera około dwustu osiemdziesięciu milionów cząsteczek hemoglobiny, a każda z nich może przyłączyć cztery cząsteczki tlenu, które przenosi w specjalnych „klatkach". Na niektórych uproszczonych, dwuwymiarowych wizualizacjach hemoglobina, składająca się z około dziesięciu tysięcy atomów, przypomina ptasie gniazdo zbudowane z makaronu świderki lub też kosz upleciony ze sprężyn materaca. W istocie składa się z czterech identycznych podjednostek, a każda utkana jest ze spiralnie zwiniętych łańcuchów aminokwasów łączących się w strukturę czwartorzędową. Wszystkie podjednostki mieszczą w sobie grupę hemową – regularną jak płatek śniegu siatkę, ale o cztero- i pięciokątnym, a nie sześciokątnym układzie atomów. Natomiast w centrum każdego hemu znajduje się kwinkunks złożony z czterech atomów azotu otaczających jeden żelaza. To w tym miejscu odbywa się wiązanie tlenu – kiedy trafi tu maleńka cząsteczka tlenu (składająca się z zaledwie dwóch atomów), cała molekuła zmienia swą konfigurację jak jakaś absurdalnie skomplikowana kostka Rubika, a po wypuszczeniu tlenu wraca do pierwotnego kształtu. (Czerwone krwinki przenoszą też dwutlenek węgla, ale ten przyłącza się do innej części hemoglobiny). To

właśnie przez łączenie się w hemoglobinie tlenu z żelazem krew jest **czerwona**[126]. Naszymi żyłami płynie rdza.

Bicie serca nie służy jedynie dostarczaniu tkankom tlenu oraz usuwaniu z nich dwutlenku węgla i wody; zaopatruje je także w składniki odżywcze absorbowane przez układ pokarmowy oraz odprowadza zbędne produkty przemiany materii do nerek, aby mogły zostać wydalone z organizmu. Przenosi hormony i komórki macierzyste tam, gdzie są potrzebne, transportuje czynniki krzepnięcia do miejsc, w których doszło do uszkodzenia tkanek, a także rozprowadza po całym ciele wiele różnych białek, których znaczenie wciąż nie do końca poznaliśmy. Oprócz tego reguluje zasadowość i kwasowość oraz temperaturę organizmu. Ale spośród wszystkich funkcji krwiobiegu najbardziej zadziwiająca jest jego rola w adaptacyjnym układzie odpornościowym. System ten, składający się z ogromnej liczby białych krwinek, nie jest wyposażony w nerwy ani żaden centralny procesor. Działa za to jak wielki rozproszony mózg, który wyszukuje zagrożenia, sonduje i uczy się na bieżąco, podejmuje działania i magazynuje w pamięci informacje, część nawet przez całe nasze życie. Niektóre z białych krwinek nieustannie przetasowują swój materiał genetyczny niczym generatory liczb losowych i tworzą nowe komórki, zdolne rozpoznać niemal nieskończoną liczbę odmian potencjalnych patogenów. I aby móc skorzystać z tej umiejętności, znanej jako hipermutacja somatyczna, wcale nie trzeba być matematycznym geniuszem. Po raz pierwszy pojawiła się ona ponad czterysta milionów lat temu u ryb żuchwowców.

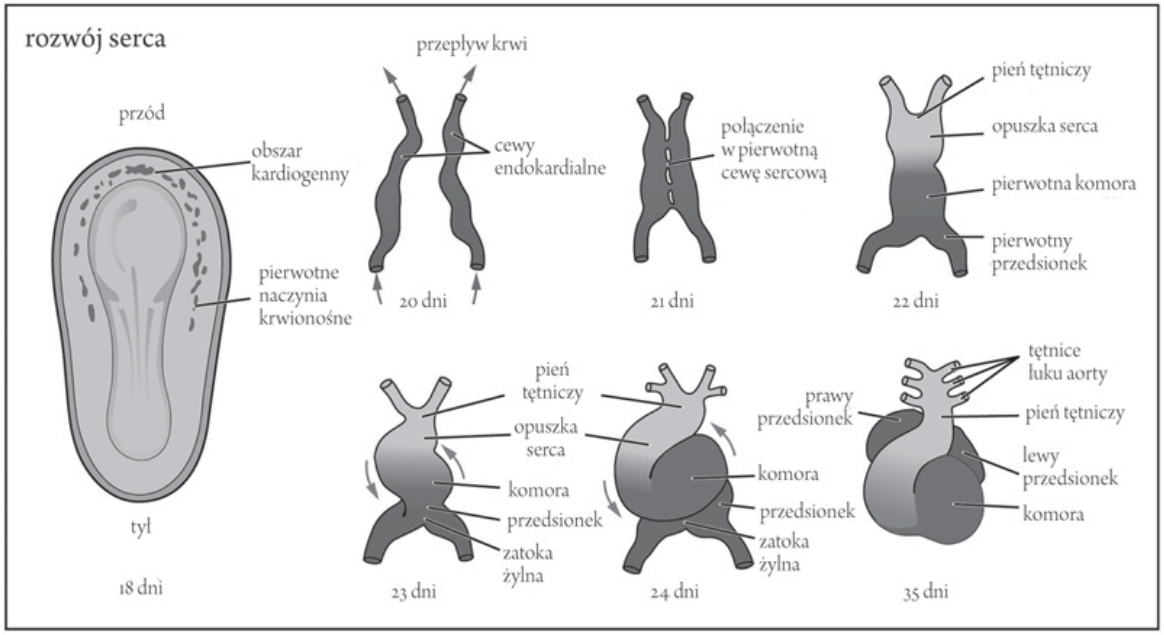
Jak powstaje serce

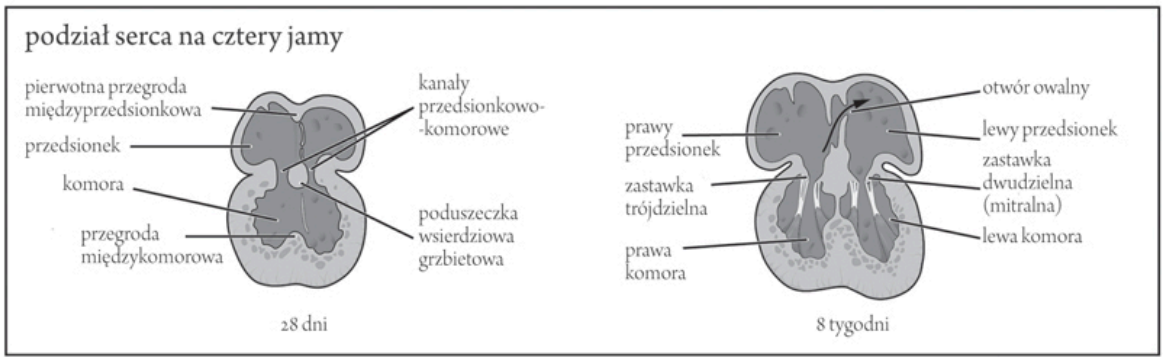
Potrzeba zaledwie trzydziestu sześciu tygodni, aby z ludzkiej komórki jajowej zapłodnionej przez plemnik wykształciły się biliony komórek, podzielonych na setki różnych rodzajów, działających wspólnie w celu stworzenia nowego człowieka. Jak kilka tysięcy genów i białek

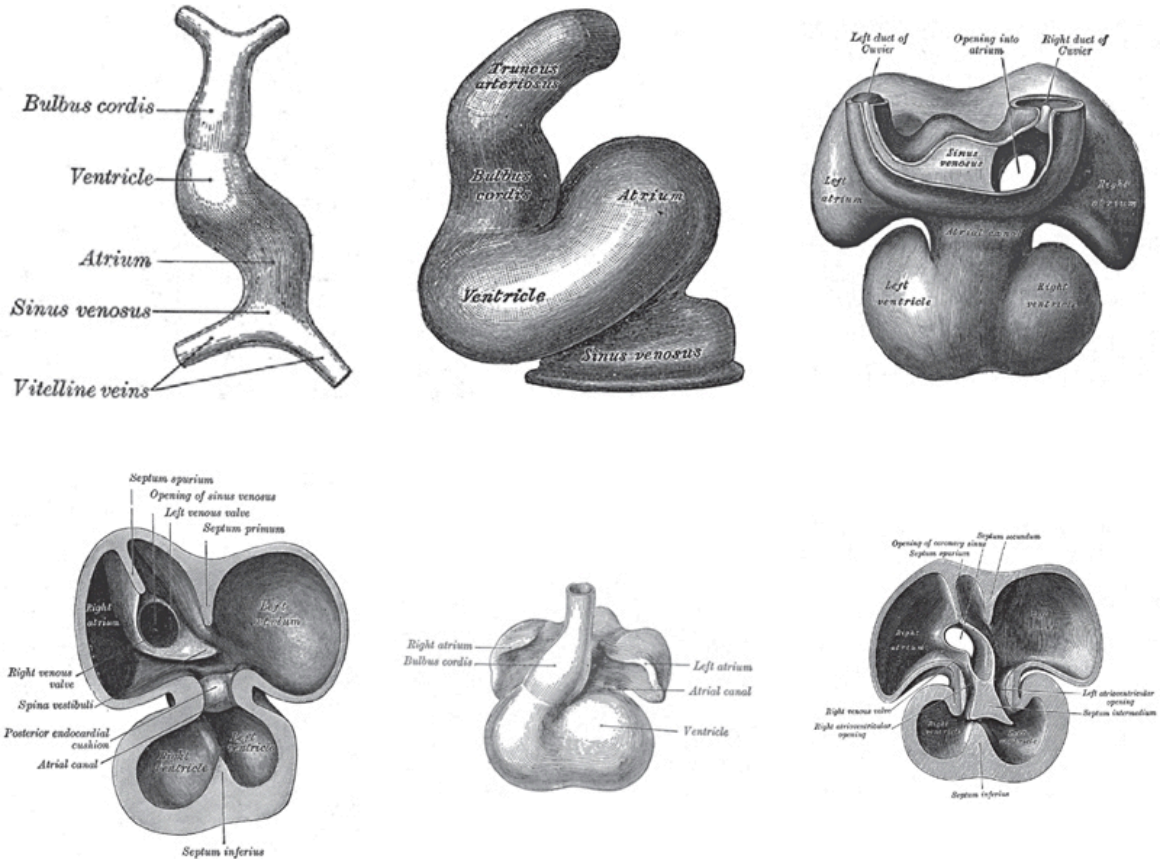
zawartych w tych komórkach, z których żadna nie posiada informacji na temat struktury i funkcjonowania całego ciała czy też jego poszczególnych narządów, jest w stanie osiągnąć ten cel? Zachodzące przy tym procesy wprawiają w największe zdumienie tych, którzy rozumieją je najlepiej. „Im więcej dowiadujemy się na temat embriologicznego rozwoju człowieka – mówi Jamie A. Davies, ekspert anatomii eksperymentalnej – tym większy ogarnia nas wszystkich podziw". Yoshiki Sasai, pionier w dziedzinie wykorzystania komórek macierzystych do hodowli gałek ocznych i innych organów o porównywalnym do serca stopniu złożoności, przyznał, że proces biologicznej samoorganizacji wypełnia go „głębokim zachwytem nad życiem".

Niemniej istnieją pewne podstawowe zasady, które da się łatwo zdefiniować. Przede wszystkim, tłumaczy Davies, należy zdać sobie sprawę, że rozwojem embriologicznym nie zawiaduje jeden zestaw komponentów, jak DNA, RNA czy białka. Dana komórka wytwarza białka, ponieważ tak nakazują jej aktywne geny. Ale geny te są aktywne, ponieważ uaktywniają je białka, które są już obecne w komórce. A zatem ośrodek „kontroli" znajduje się wszędzie i nigdzie. Kolejna istotna kwestia to łączenie się wielu dużych i złożonych protein – dobrym przykładem jest hemoglobina. Odbywa się ono na tych samych zasadach co wzrost nieorganicznych kryształów, gdzie „informacja" i struktura to dwie strony tej samej monety. I tak samo jak w przypadku kryształów rezultaty są przewidywalne, powtarzalne i niezmienne, choć nieporównanie bardziej skomplikowane. Jeśli chodzi zaś o zjawiska na większą skalę, jak kształt i układ komórek, w grę wchodzą także inne czynniki. Na przykład naukowcy dopiero teraz zaczynają w pełni zdawać sobie sprawę z roli bioelektryczności, czyli mechanizmu, w ramach którego istniejące komórki wysyłają sygnały wpływające na lokalizację i strukturę nowych komórek. Oprócz tego ogólna postać nowej komórki musi dopasować się do wypełnianej przez nią przestrzeni w tkance. Nie znaczy to jednak, że mamy umniejszać znaczenie genów – w samej budowie serca można zaobserwować

zadziwiającą ciągłość genetyczną na przestrzeni milionów lat ewolucji. Na przykład jeden z genów kluczowych dla wykształcenia się serca (przewrotnie nazwany „**tinman**[127]”, na cześć postaci Blaszanego Drwala z *Czarnoksiężnika z Oz*, który nie posiadał serca) występuje zarówno u ludzi, jak i u ryb i much owocówek.







Dwa schematy etapów rozwoju serca.

Po osiemnastu dniach od poczęcia ludzki embrion przypomina maleńką kanapkę z dżemem: wygląda jak dysk z trzema wyraźnymi warstwami komórek. Wkrótce zwinie się, tworząc trzy cylindry umieszczone jeden w drugim, ale zanim to nastąpi, niektóre z komórek w środkowej warstwie zaczną układać się w rurkę w kształcie półksiężyca przylegającego do krawędzi dysku. Następnie, w miarę jak dysk zaczyna się wywijać, półksiężyc przesuwa się na przód formującego się ciała. To zaczątek serca. Po dwudziestu dwóch dniach oba końce rurki są już złączone, a ścianka pomiędzy nimi znika, tak jak czasem znika warstwa pomiędzy dwiema przylegającymi bańkami mydlanymi. Dwudziestego ósmego dnia rurka **zaczyna pulsować**[128] – to część naszego ciała, która porusza się jako pierwsza i zatrzymuje się jako ostatnia – pompując świeżo powstałe krwinki przez świeżo utworzone naczynia krwionośne. Na tym etapie serce embrionu

wygląda bardzo podobnie do serca dorosłej ryby; krew wpływa od strony „ogona", jest wytłaczana od strony „głowy" i opływa całe ciało w obrębie pojedynczej pętli, tak samo jak u ryby.

Jeden obieg krwi w zupełności wystarcza ludzkiemu płodowi, który pobiera tlen od matki przez pępowinę, ale oznaczałby śmierć, gdy dziecko przychodzi na świat i zaczyna oddychać powietrzem. Przyczyną jest ciśnienie. Skrzela ryby wyciągają tlen bezpośrednio z wody, która jest równie gęsta jak krew w jej ciele. To samo dotyczy zanurzonego w płynie owodniowym płodu. Na lądzie musimy jednak pozyskiwać tlen z powietrza, a jest on o wiele bardziej rozproszony. Gdybyśmy mieli tylko jeden obieg krwi, ciśnienie potrzebne do tego, by przepchnąć ją wokół całego ciała byłoby zbyt duże dla naczyń włosowatych w naszych płucach; ich cienkie ścianki nie wytrzymałyby naporu, krew wyciekłaby do płuc i skończyłoby się śmiercią przez **utonięcie**[129]. Z tej właśnie przyczyny zwierzęta lądowe musiały ewolucyjnie wykształcić podwójny obieg, dzięki czemu ciśnienie w obiegu płucnym mogło być niższe. Z początku radziły sobie z trzema jamami serca i ta konfiguracja do dzisiaj występuje u płazów. Później, mniej więcej w okresie pojawienia się pierwszych archozaurów (które były wspólnymi przodkami dinozaurów i ptaków) rozwinęło się czterojamowe serce, dostatecznie silne, by móc skutecznie zasilać każdego rodzaju stworzenie, od leciutkiego strzyżyka po gigantycznego płetwala błękitnego. Od tamtej pory zasadnicza architektura serca pozostała w dużej mierze niezmieniona.

Po czterech tygodniach od poczęcia prosta rurka zaczyna się wybrzuszać i skręcać, trochę jak wyżymana z obu stron skarpeta. Powoduje to powstanie odrębnych jam, w pierwszej kolejności pojedynczego przedsionka oraz komory. W wyniku wygięcia rurka najpierw przybiera kształt litery S, a potem przedsionek przesuwa się za komorę. Następnie rozpoczyna się podział na lewą i prawą stronę, a w środku wyrastają przegrody przypominające przesuwane drzwi. Komora zostaje całkowicie przedzielona na dwie części, podobnie jak

przewód odpływowy, z którego niedługo utworzy się aorta wstępująca i pień płucny. Od górnej ściany przedsionka wyrasta tzw. przegroda pierwotna, która nie dochodzi całkiem do ściany dolnej, tylko zostawia pod spodem otwór zwany pierwotnym. Jednocześnie w górnej części przegrody tworzy się perforacja, z której wykształca się tzw. otwór owalny, umożliwiający przepływ krwi między lewym i prawym przedsionkiem. Następnie obok pierwszej przegrody pojawia się druga (wtórna). Dzięki otworowi owalnemu krew może przepływać z prawego do lewego przedsionka, a serce nadal może funkcjonować jak dwujamowe serce ryby.

Kiedy dziecko przychodzi na świat i bierze swój pierwszy wdech, jego płuca rozszerzają się, a ciśnienie w ich wnętrzu spada. Krew zostaje wciągnięta do sieci naczyń włosowatych otaczających rozdymające się płuca i fala utlenionej krwi wpada żyłami płucnymi do lewego przedsionka. Skok ciśnienia w nim przyciska drugą przegrodę do pierwszej, permanentnie zamykając znajdującą się między nimi zastawkę. W ciągu kolejnych miesięcy przegrody połączą się w jedną, choć nadal będą widoczne ślady pierwotnych otworów, a u niektórych pechowców bariera ta pozostanie nie do końca szczelna – schorzenie to znane jest jako ubytek przegrody międzykomorowej lub po prostu dziura w sercu. Ale jeśli wszystko pójdzie zgodnie z planem, efekt jest odpowiedni: prawidłowo funkcjonujące czterojamowe serce, wprawione w ruch niczym wielki złoty zegarek w chwili, gdy nowo narodzony człowiek po raz pierwszy wciągnął w nozdrza powietrze.

Nasze serce i pompowana przez nie krew wybijają rytmy we wszystkich skalach czasowych naszej egzystencji. Czerwone krwinki wibrujące miliony razy na sekundę stanowią część składową nieprzerwanego cyklu życia i śmierci. Powstają w szpiku kostnym i przed dołączeniem do krwiobiegu pozbywają się jądra komórkowego, przez co zazwyczaj żyją około stu dwudziestu dni; po tym czasie, gdy już się zużyją, zostają zlikwidowane i zastąpione przez nowe. W każdym momencie w organizmie są ich biliony, więc tempo

produkcji i utylizacji krwinek wynosi około 2,5 miliona komórek na sekundę, albo setki miliardów na dobę. Oprócz tego nasze ciało każdego dnia wytwarza także setki miliardów nowych płytek krwi (które zatrzymują krwawienie poprzez krzepnięcie i zasklepianie przerwanych naczyń krwionośnych) oraz około dziesięciu miliardów białych krwinek (będących ważnym elementem układu odpornościowego) – i tyle samo ich niszczy.

Na drugim końcu naszej skali czasu część komórek odpornościowych nierzadko towarzyszy nam przez całe życie. Podobnie większość komórek w samym sercu jest z nami od urodzenia aż do śmierci. Dawniej uważano wręcz, że podział komórek serca zatrzymuje się niedługo po narodzeniu, a my żyjemy i umieramy z tymi samymi, co powstały wraz z naszym przyjściem na świat. Jednakże w ciągu ostatnich dziesięciu lat okazało się, że to nie do końca prawda. Mimo iż serce ani na chwilę nie przerywa pracy, w danej chwili wymianie podlega jedynie mała część jego komórek. Proces ten postępuje bardzo wolno – do dwudziestego roku życia odnawia się mniej więcej ich jeden procent rocznie, a później tempo stopniowo spada – ale to wystarczy, aby dokonała się częściowa transformacja. Odkrycie to może okazać się istotne dla badań nad zwiększeniem naszych zdolności regeneracyjnych. Niemniej faktem pozostaje, że serce człowieka jest w dużej mierze trwałe, jednolite i niewiarygodnie wytrzymałe, nawet gdy całą resztą organizmu targają burzliwe zmiany.

Pomiędzy tymi dwoma ekstremami – miliony razy na sekundę i mniej niż raz w całym życiu – znajdujemy rytmy codziennej egzystencji. I mimo całej naszej technologii oraz wszystkich możliwości analitycznych, nie wspominając o naszym talencie do alienacji, nie jesteśmy nigdy w stanie uwolnić się od tych rytmów.

Siedziba emocji

W latach dziewięćdziesiątych naukowcy odkryli w mózgu makaków „neurony lustrzane", które uaktywniały się, gdy zwierzęta obserwowały i/lub imitowały zachowanie innych małp. Zapanowała ogromna ekscytacja. Chociaż znaleziono je u małp, a nie u ludzi, neurobiolog Vilayanur Ramachandran widział w nich podstawę „niesamowitej zdolności człowieka do empatii" i określił je mianem „neuronów Gandhiego", ponieważ likwidowały bariery między ludźmi. Od tamtej pory emocje znacznie opadły, ale wiemy już dziś, że tak samo jak wiele innych ssaków (należy wspomnieć głównie słonie, walenie i delfiny), człowiek posiada silną skłonność do współczucia i współodczuwania. Wiemy też, że choć te procesy manifestują się świadomie lub nieświadomie w mózgu, są widoczne również w sercu. Jak się okazuje, muzyczne porównanie Davida Hume'a – według którego ludzie rezonują ze sobą wzajemnie jak **struny**[130] tej samej długości napięte w tym samym stopniu – jest niemal dosłownie zgodne z prawdą.

Co roku w noc letniego przesilenia mieszkańcy wioski San Pedro Manrique w Hiszpanii, wierni odwiecznej tradycji, chodzą boso po siedmiometrowym dywanie z rozżarzonych do czerwoności węgielków. W 2010 roku naukowcy badali śmiałków i odkryli, że pod koniec spaceru ich tętno sięga dwustu uderzeń na minutę – teoretycznie powinno się to skończyć atakiem serca, ale badani sprawiali wrażenie spokojnych i po wszystkim nie wykazywali żadnych niepokojących objawów. Monitorowano również tętno przyjaciół i krewnych osób chodzących po ogniu, a także turystów z zewnątrz. U wszystkich zaobserwowano dokładnie ten sam schemat co u samych uczestników wydarzenia, a ich tętno wykazywało gwałtowny skok i spadek niemal w idealnej harmonii.

Ale odkryto również, że im silniejsze więzi społeczne łączyły widzów z osobami chodzącymi po ogniu, tym bardziej zsynchronizowane było ich bicie serca. U małżonków lub życiowych partnerów uczestników występowała większa synchronia niż u znajomych, najmniejsza zaś

u obcych. Korelacja ta była tak wyraźna, że badacze potrafili precyzyjnie odgadnąć stopień zażyłości między obserwowanymi osobami jedynie na podstawie podobieństw w wykresach przedstawiających pracę ich serca.

Przejdźmy teraz na drugi koniec spektrum. Społeczna izolacja, stany lękowe i depresja często są blisko powiązane z chorobami serca i zatrzymaniem jego akcji. Niestabilność polityczna i ekonomiczna będąca następstwem upadku Związku Radzieckiego przyniosła ze sobą gwałtowny wzrost liczby zachorowań. We współczesnej Wielkiej Brytanii u ludzi mieszkających samotnie występuje dwa razy większe ryzyko zapadnięcia na poważne choroby serca; okazuje się, że naprawdę można umrzeć z samotności.

Kto wie, może pewnego dnia ludzie lub postludzie nauczą się żyć bez tętna. Sztuczne serca, które pompują krew płynnym, nieprzerwanym strumieniem już dziś udowadniają swoją przydatność, przynajmniej na krótką metę. Mniej prawdopodobne wydaje się jednak, byśmy mogli w przyszłości funkcjonować z nimi na stałe – nasz układ oddechowy ewoluował ramię w ramię z rytmem bicia serca przez setki milionów lat, więc mogą istnieć przeróżne subtelne, ale istotne mechanizmy, które są od niego zależne. Ale gdyby tak dało się nas zaprojektować od nowa, czy brakowałoby nam naszego tętna? Czy jego nieobecność, nawet zamaskowana tysiącem innych odgłosów, nie dawałaby nam poczucia, że głęboko wewnątrz nas coś umarło? Być może przyszli inżynierowie wyposażą sztuczne serca w udawany rytm i wibracje, tak samo jak dziś projektują idealny odgłos zamykanych drzwi samochodowych albo symulowane wrażenia dotykowe przy korzystaniu ze smartfona.

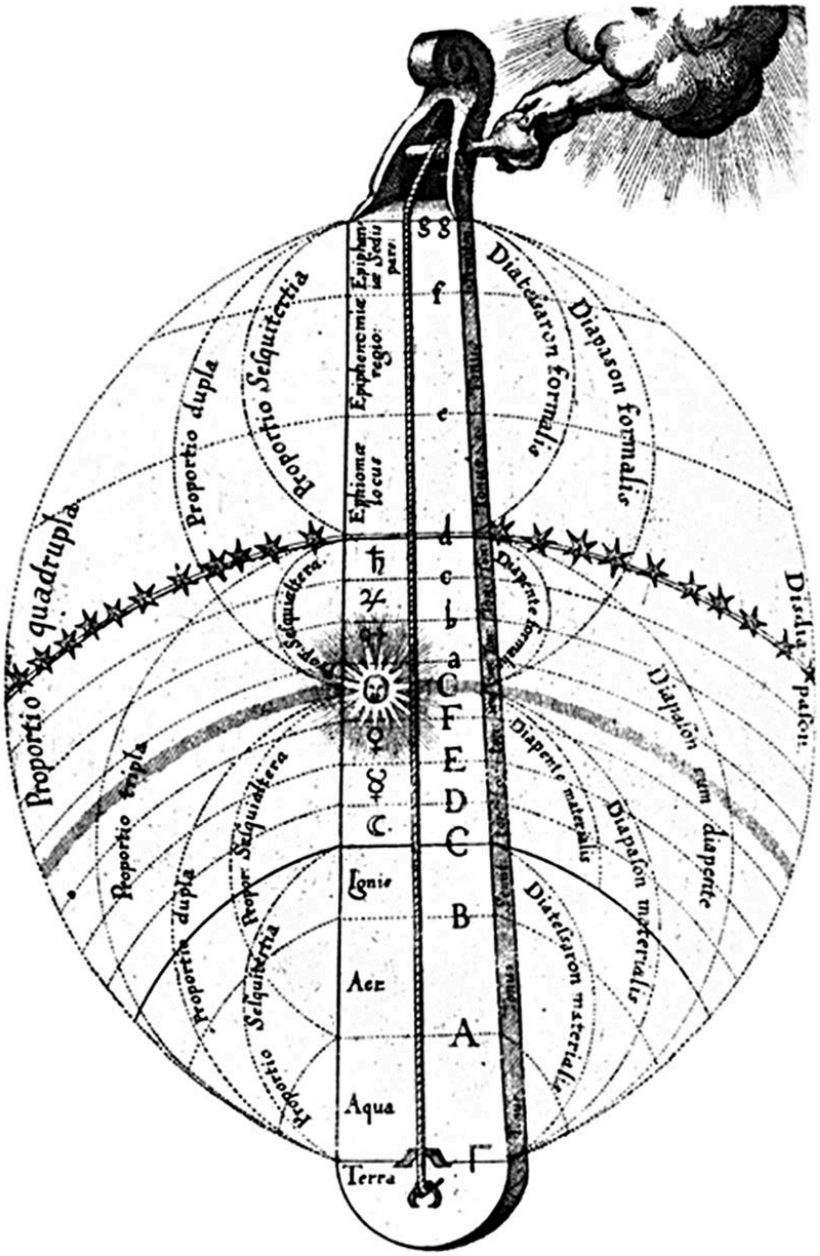
Interwencje medyczne, których potrafimy dziś dokonywać, przynoszą olśniewające rezultaty, ale nie są niestety pozbawione mankamentów. W swoim wierszu *The Halving* [Przepoławianie] Robin Robertson opisuje operację wymiany wadliwej zastawki aorty w jego sercu. Opowiada, jak po przebudzeniu z narkozy ból i majaczenie

ustępują miejsca „czerni” – chodzi o zaburzenia nastroju i procesów poznawczych nazywane czasem „delirium pooperacyjnym”. W książce *Podróże po ludzkim ciele* lekarz i pisarz Gavin Francis wyjaśnia, że to zjawisko występuje nawet u jednej trzeciej pacjentów, u których akcja serca została zatrzymana na czas operacji, a krew pompowano za pomocą aparatury do krążenia pozaustrojowego. Niektórzy zaczynają zachowywać się gwałtownie, inni stają się cisi i wycofani, a jeszcze inni tracą wszelkie zahamowania i robią się wulgarni. Przyczyna tego mechanizmu nie jest znana. Niewykluczone, że maleńkie cząsteczki tłuszczu uwolnione z tętnic w trakcie operacji albo pęcherzyki powietrza wprowadzone do krwi zakłócają jej przepływ do mózgu. Być może wstrząs spowodowany otwarciem klatki piersiowej i rozwarciem żeber wywołuje stan zapalny w mózgu albo też delirium stanowi efekt uboczny schłodzenia krwi przez pompę do krążenia pozaustrojowego. Francis przedstawia jednak jeszcze jedną możliwość: nawet najnowocześniejsza maszyneria nie jest w stanie imitować naturalnego pulsu serca, a kto wie, czy ten wewnętrzny rytm nie jest koniecznym warunkiem ogólnego dobrostanu naszego organizmu.

Rytm życia

Jedną z cech muzyki – i w ostatecznym rozrachunku być może najważniejszą – jest jej zdolność do wytwarzania więzi między ludźmi. Wszystko zaczęło się, jak możemy przypuszczać, od wokalizowania, śpiewu i rytmicznych ruchów ciała, od wybijania tempa po pełnowymiarowy taniec. Ton i rytm powodują wibracje w całym naszym ciele, ale szczególnie w klatce piersiowej, w której mieszczą się serce i płuca, zwłaszcza gdy sami te dźwięki wyśpiewujemy. Harmoniczne interwały także rezonują albo jako alikwoty w pojedynczym głosie, albo jako akord, podczas jednoczesnego śpiewu różnych głosów, czyli polifonii. W takich chwilach można odnieść wrażenie, że docieramy do

samego jądra egzystencji. Muzyka umożliwia nam **dotyk**[131] na odległość.



Na początku siedemnastego wieku Robert Fludd wykorzystał obraz kosmicznej liry, lub boskiego monochordu, aby przedstawić pitagorejską wizję wszechświata stworzonego zgodnie z matematycznymi proporcjami obecnymi w harmonicznych interwałach. Dziś psycholodzy, muzykolodzy i inni zwracają

w pierwszej kolejności uwagę na odkrycia w takich dziedzinach jak neurobiologia i fizjologia. A więc, na przykład, jeśli dwa tony tworzą oktawę, jeden zestaw neuronów słuchowych uaktywnia się dwa razy szybciej niż inny. Przy każdym pobudzeniu wolniejsza i szybsza grupa będą pozostawały ze sobą w tym samym związku, natomiast neurony wyższego rzędu, wyczulone na obie niższe grupy, otrzymają od nich powtarzalny, przewidywalny i łatwy do zinterpretowania schemat. Podstawą harmonii w kształcie, w jakim jej doświadczamy, może zatem okazać się precyzyjna prognoza na wczesnych etapach percepcji – uaktywniająca ośrodki nagrody w mózgu. Wszystko to może być prawdą, ale wcale jeszcze nie wyczerpuje tematu. Frank Wilczek, którego teorię harmonii właśnie opisałem, twierdzi również, że równania odnoszące się do atomów i światła są w zasadzie identyczne z tymi, które regulują funkcjonowanie dźwięku i instrumentów muzycznych.

Jednak abstrahując od tonu, harmonii i tembru, to rytm jest **niezbędną częścią**[132] każdej lub niemal każdej muzyki, której słuchają ludzie. Zapewnia ramę, wewnątrz której rozwija się muzyczna narracja zbudowana z wibracji o znacznie wyższej częstotliwości – dźwięków pojedynczych nut lub wielu rozbrzmiewających harmonicznie tonów. Rytm jest czymś fundamentalnym i uniwersalnym we wszystkich kulturach i tradycjach – nieważne, czy mówimy o kwartetach smyczkowych Beethovena i Schuberta, tanecznej muzyce klubowej czy pieśniach Pigmejów z Afryki Środkowej. Muzyka może być praktycznie samym rytmem, jak na przykład kompozycje *Clapping Music* albo (z małym dodatkiem **tembru**[133]) *Drumming* autorstwa Steve'a Reicha. Nawet wykonanie składającego się z samej ciszy utworu *4'33"* Johna Cage'a zawiera w sobie rytmy towarzyszące, takie jak oddech artysty, a wyjątkowo uważny odbiorca usłyszy również uderzenia własnego serca.

Także inne rytmy naszego ciała poza biciem serca mogą mieć wpływ na muzykę. Ważną rolę odgrywają z pewnością regularne ruchy

związane z tańcem, bieganiem i chodzeniem. Ale muzyka nigdy nie jest całkiem oderwana od naszego tętna. Ogólnie rzecz biorąc, zakres różnych wartości tempa stosowanych w muzyce pokrywa się z zakresem częstotliwości bicia serca, choć czasem wykorzystuje się też wartości skrajne: poniżej trzydziestu uderzeń na minutę (*larghissimo*) i powyżej dwustu uderzeń na minutę (*prestissimo*).

Repetycja oraz wynikająca z niej przewidywalność to kolejne cechy niemal każdego rodzaju muzyki, ale przyjemność sprawiają nam również wariacje i zmiany, które rozszerzają granice ustalonych schematów, pod warunkiem że nie przesuwają ich zbyt daleko. Doskonale ilustruje to zjawisko **synkopy**[134]. Badanie, w którym uczestnicy słuchali funkowych partii perkusji o różnym stopniu synkopowania, a później oceniali, czy im się podobało i jak bardzo mieli ochotę poruszać się do rytmu, wykazało, że synkopa jest „ważnym czynnikiem strukturalnym wpływającym na emocjonalną reakcję słuchacza na pulsujący rytm". Brzmi to trochę, jakby ktoś próbował w przesadnie sformalizowany sposób wyrazić coś szalenie oczywistego – że porządny groove zachęca do tańca i dobrej zabawy. Ale autorzy badania doszli do faktycznych wniosków: umiarkowane synkopowanie wywołuje w nas największą przyjemność i największą chęć do ruchu. Synkopa powoduje ekscytację, pchając nas do przodu – na przykład w *Boogie Wonderland* grupy Earth, Wind & Fire, o nieustępliwym rytmie stu trzydziestu dwóch uderzeń na minutę – a jednocześnie nie pozwalając stracić kontaktu z rytmem bazowym, który daje nam poczucie zakotwiczenia. Co najmniej równie ważny wydaje się wymóg, aby nasz rytm nie był ani **zbyt prosty**[135], ani zbyt nieregularny i przez to trudny do przewidzenia. W piosence *Superstition* Steviego Wondera, w której nakłada się na siebie kilka synkopowanych linii harmonicznych, rytm jest, ogólnie rzecz biorąc, płynny i przewidywalny, ale na poziomie poszczególnych taktów staje się zagmatwany i wysoce zaskakujący; jest w tym utworze pewna „kontrolowana swoboda", a efekt przypomina zastrzyk czystej energii.

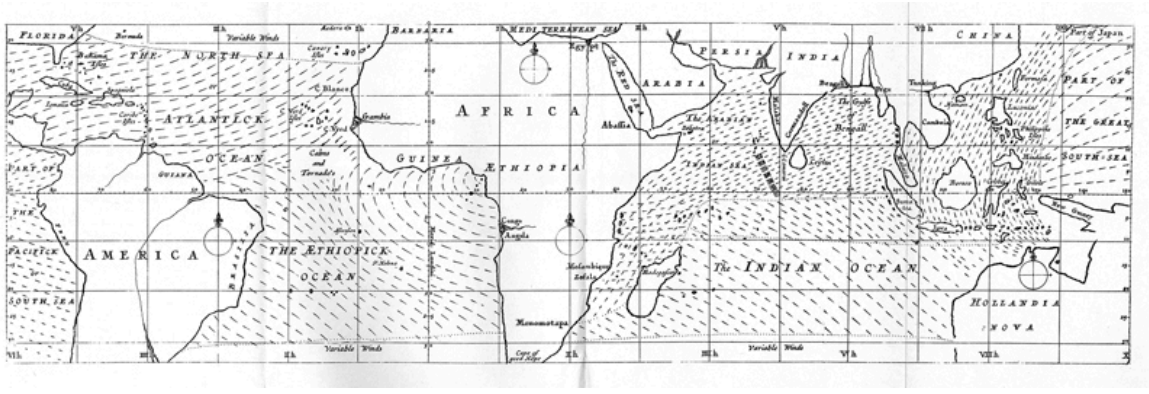
Przepływ

Muzyka potrafi czasem ratować życie, ale zdarzają się chwile, kiedy nawet ona nie wystarcza i musimy podłączyć się bezpośrednio do rytmów reprezentujących coś większego od nas samych. Mnie nieraz dodawało wigoru chodzenie i bieganie po dzikich, wilgotnych zakątkach – takich, do których zapuszcza się niewielu ludzi i gdzie w rezultacie sama ziemia wydaje się **bardziej żywa**[136] niż gdzie indziej, a to, co zazwyczaj ukryte, może stać się widoczne gołym okiem. Wędrówka po nierównym gruncie, gdy serce i płuca są zmuszone do ciężkiej pracy, a każdy krok może się skończyć utratą równowagi i upadkiem, pozwala poczuć się bardziej świadomym samego siebie – odbywa się wówczas dialog pomiędzy naszym ciałem i ziemią pod nogami, bez pośrednictwa umysłu. Każdy krok wprawia nogi w wibracje; ten rytm, który łączy nas z powierzchnią, bywa często regularny, ale czasem zmienia się w zależności od długości stąpania, właściwości skały lub gleby czy kąta nachylenia terenu. W takich chwilach moja własna wersja „delirium pooperacyjnego" – przyprawiającego o mdłości wrażenia oderwania od własnego ciała, będącego wynikiem zbyt wielu godzin spędzonych na zapełnianiu ekranu literkami lub na kontemplowaniu tego, co dzieje się na tzw. świecie – stopniowo zaczyna ustępować i pomimo wysiłku fizycznego jestem w stanie odnaleźć spokój.

Gdy wdychamy świeże powietrze za pomocą płuc, nasze serce łączy się bezpośrednio ze światem. Niektóre wiatry – wśród nich fen, lewanter, Santa Ana, chamsin czy sirocco – przynoszą ze sobą **niepokój**[137] w samym momencie nadejścia lub tuż przed nim. Napotkałem też jednak takie, które są całkiem niegroźne. Niemal dwadzieścia lat temu uczestniczyłem w zimowym rejsie niewielką łodzią przez północny Atlantyk. Na odcinku od Bermudów do Azorów przez wiele dni towarzyszył nam silny, **równy wiatr**[138] i sunęliśmy przed siebie jak mokra kostka mydła po gładkiej nawierzchni.

Podmuchy nie ustawały także w nocy, a prując fale pod rozgwieżdżonym niebem, czułem się, jakbym dotknął esencji wolności. Później jeszcze przez długie lata ten wiatr pojawiał się w moich najszczęśliwszych snach.

Na kolejne podobne doświadczenie musiałem czekać całe dziesięć lat. Wybrałem się wówczas w podróż na Filipiny, żeby spotkać się z Antoniem Oposą, **prawnikiem**[139], który starał się ratować pozostałości niegdyś potężnych lasów deszczowych i raf koralowych, aby przyszłe pokolenia miały od czego zacząć ich odbudowę. Którejś nocy spałem w prostym budynku, który dawniej służył jako wakacyjny dom rodziców Oposy. Stał na wybrzeżu niewielkiej wyspy, daleko od miasta, i miał otwarte okapy, dzięki czemu przez całą noc pod dachem hulała morska bryza, przynosząc ulgę od wilgoci i upału panującego tam za dnia. Przywiodła też ze sobą sny, jakby pochodzące z dzieciństwa, o łodzi wyruszającej w wielki rejs. Dziś, wiele lat później, wciąż czasem powraca do mnie wspomnienie tej sennej bryzy, nawet w miejscowości, w której teraz mieszkam. Od czasu do czasu, zwłaszcza w ciepłe wiosenne noce, w tutejszym powietrzu unoszą się **zapachy gleby i lasów**[140], a nawet oddalonego o ponad osiemdziesiąt kilometrów morza. Wszystko wokół oddycha. W takich chwilach czuję, że moje serce bije dokładnie tak, jak powinno, i nie mam już wrażenia, że się duszę.



Robert Fludd i inni mistycy twierdzili, że ludzkie ciało zawiera w sobie mikrokosmos wszystkich cech świata zewnętrznego, czyli

makrokosmosu. Nie musimy przyjmować tego poglądu dosłownie, żeby dostrzec podobieństwa łączące obie te skale. Podczas swoich badań nad sercem Leonardo da Vinci odkrył, że krew zaczyna wirować, przepływając przez zatokę Valsalvy w aorcie, a za pomocą zbudowanych przez siebie przezroczystych szklanych modeli stwierdził, iż te turbulencje wspomagają sprawne funkcjonowanie zastawki aorty. Opierał się na wcześniejszych obserwacjach zachowania wzburzonej wody w korytach rzeki. Dzisiaj umiemy także docenić rolę tego rodzaju przepływu na nieporównanie większą skalę. Jak pisał Isaac Newton, w naturze „wszystko nieustannie krąży". Mapa międzyzwrotnikowych pasatów stworzona przez współczesnego mu Edmunda Halleya w 1686 roku przedstawia jeden z dowodów prawdziwości tego stwierdzenia. W dzisiejszych czasach już dużo lepiej rozumiemy odpowiedzialne za to procesy. Wiemy na przykład o wirujących prądach wodnych na powierzchni oceanu, ponieważ mogliśmy zobaczyć je na własne oczy na pięknych, dynamicznych mapach, takich jak tworzona przez NASA wizualizacja *Perpetual Ocean*.

Prądy oceaniczne pod wieloma względami różnią się od obiegu krwi w organizmie. Ale istnieją też podobieństwa. Kształt niektórych prądów powierzchniowych przypomina zjawiska, które zaobserwował Leonardo, a nieprzerwana cyrkulacja morskiej wody jest niezbędnym warunkiem nieprzerwanego istnienia życia w całej jego różnorodności. Ruchy takie jak te widoczne na powierzchni – od przypominających kółka z dymu pchanych na zachód, przez prąd Agulhas wzdłuż

południowego wybrzeża Afryki, po kłęby prądu Kuro Siwo ciągnącego się od Japonii po szeroki przestwór Pacyfiku – są powiązane z innymi, mniej oczywistymi. W niektórych miejscach globu bogata w tlen woda opada na dno oceanu i rozpoczyna trwający mniej więcej tysiąc lat cykl, w trakcie którego okrąża całą planetę, a na koniec z powrotem wypływa na powierzchnię. Obecnie większość nadprogramowego ciepła będącego skutkiem globalnego ocieplenia jest absorbowana przez oceany. Konsekwencje (których zapowiedzią jest być może gwałtowna deoksygenacja, już dziś daleko posunięta w pewnych regionach) są trudne do przewidzenia, ale najprawdopodobniej będą miały destrukcyjny wpływ na kondycję całej planety. Dopóki wewnątrz każdego z nas serce wybija swój dyskretny, ale mocny rytm, możemy być zarówno świadkami, jak i uczestnikami zmian, które zbliżają się wielkimi krokami.

4

HIPEROBIEKT W NASZEJ GŁOWIE

Mózg

Mózg jest światem składającym się z licznych niezbadanych kontynentów i ogromnych połaci nieznanych obszarów.

Santiago Ramón y Cajal

Przychodzi na myśl, że żadne marzenie, choćby nie wiedzieć jak absurdalne i niedorzeczne, nie marnuje się w wszechświecie.

Bruno Schulz, *Republika marzeń*

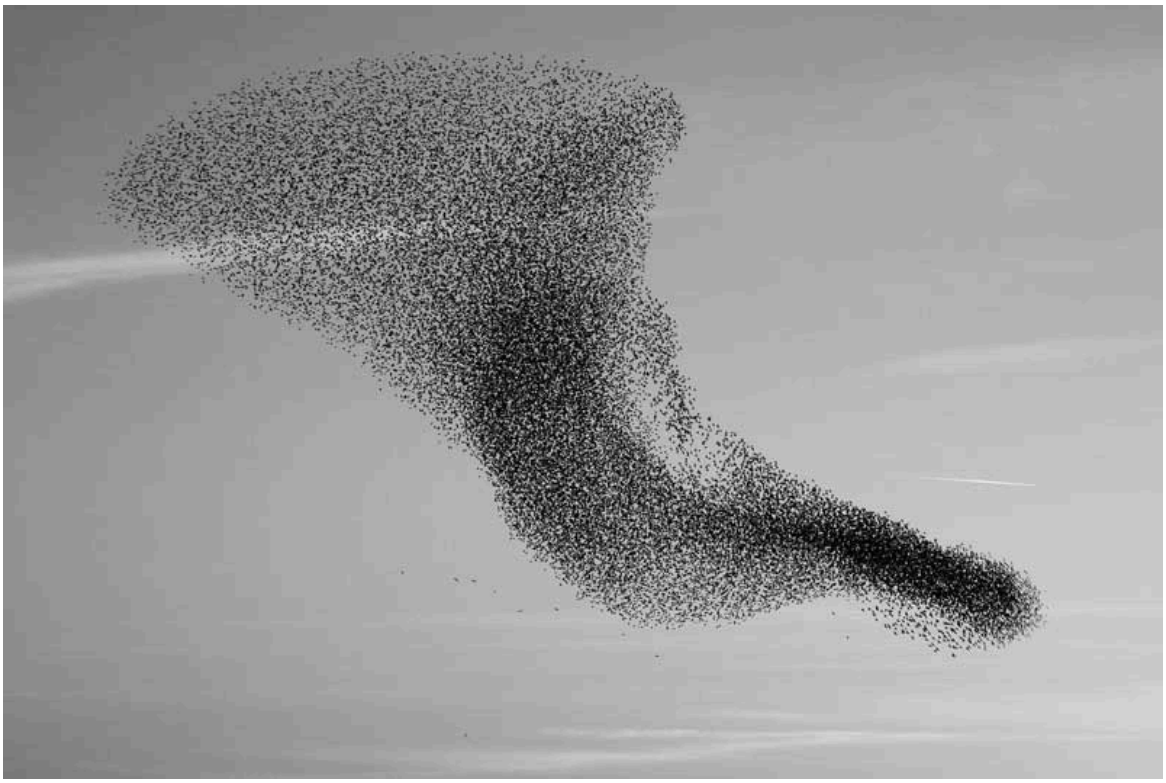
**Jak gdyby morze się rozstąpiło
i odsłoniło kolejne morze**

Emily Dickinson

Gdy zapytałem przyjaciół i znajomych, które ich zdaniem cuda mamy względnie na wyciągnięcie ręki, a dostęp do nich jest tani lub darmowy, kilkoro wspomniało o wielkich stadach ptaków, które mają swoje żerowiska na przybrzeżnych równinach błotnych, a gdy nadchodzi przypływ, całymi chmarami lecą nad brzeg. Pisarz Robert Macfarlane mówił konkretnie o biegusie rdzawym: gatunku ptaka brodzącego z rodziny bekasowatych. Jak mi wyjaśnił,

zimą ich upierzenie przybiera na grzbiecie barwę srebrnoszarą, na brzuchu zaś białą, dlatego gdy światło odbija się od nich w locie, skrzą się niczym płatki śniegu albo kryształki lodu. Potem całe stado wykonuje obrót i znika, jakby nagle przeniosło się do innego wymiaru, po czym następuje kolejny zwrot i ptaki znów stają się widzialne. „To doprawdy hipnotyzujący widok".

I tak tuż przed świtem w dniu równonocny wiosennej znalazłem się w należącym do Królewskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków rezerwacie przyrody Snettisham, który leży w Norfolk na czole łuku linii brzegowej w kształcie czaszki i wychodzi na płytką zatokę wschodniego wybrzeża znaną jako The Wash. W czasie przypływu biegusy oraz inne ptaki całymi stadami ciągną na brzeg, by przycupnąć nieopodal laguny stworzonej poprzez ekstrakcję żwiru podczas drugiej wojny światowej z myślą o uciekinierach. Do tej wizyty nie trzeba mnie było długo namawiać: stado tysięcy szpaków kołujących i tworzących na niebie coraz to nowsze kształty niczym jeden żywy organizm (którego forma być może wyewoluowała w celu odstraszania i dezorientowania drapieżników) jest jedną z najpiękniejszych rzeczy, jakie widziałem. Cudowność tego zjawiska potęguje fakt, że za pomocą tych samych działań można opisać zarówno ruch stada szpaków, jak i ruch helu w stanie nadkrytycznym, w którym temperatura gazu osiąga poziom niemal zera absolutnego i wszystkie atomy znajdują się tym samym w stanie kwantowym. Co więcej, niewykluczone, że ciemna materia, będąca dziś jedną z największych zagadek kosmologii, zachowuje się w podobny sposób. Stado szpaków, niczym muzyka, wydaje się ucieleśniać to, co Thomas Browne nazwał „hieroglificzną, pogrążoną w cieniu lekcją całego świata".



Pierwszym zaskoczeniem okazała się prędkość, z jaką morze zalało równinę błotną. Był to największy przypływ w całym cyklu – Słońce i Księżyc ustawiły się w linii prostej, by odrobinę bardziej zakrzywić czasoprzestrzeń – i kłęby wzburzonej wody przetoczyły się przez taflę niczym wezbrana rzeka. Ten dziki żywioł, który najpierw dał się słyszeć, a dopiero potem ukazał swe oblicze, niósł ze sobą niebezpieczeństwo, lecz brodzące na krawędzi błota ptaki wzleciały z beztroską, z jaką palce harfisty radośnie muskają struny instrumentu, by już po chwili zatoczyć pętlę i wrócić na żerowisko nieco bliżej brzegu, tuż przed linią napierającej fali. Wykonały ten manewr kilkakrotnie, aż w końcu zabrakło błota, na którym dałoby się wylądować, i dopiero wtedy zaczęły przelatywać nad mierzeją, z której je obserwowałem, kierując się w stronę laguny.

Drugą niespodzianką był przypominający brzęczenie odgłos wydawany przez setki tysięcy biegusów rdzawych, eskadra za eskadrą prujących powietrze dosłownie dwa, może trzy metry nad moją głową. Trudno mi znaleźć słowa, by dokładnie opisać ten dźwięk. Przypominał

furkot śmigła samolotu, gdyby odseparować go od ryku napędzającego go silnika. Miał też w sobie coś z dźwięku czuryngi – jednego z grupy najstarszych instrumentów muzycznych świata zwanych aerofonami, który w niektórych tradycjach posiada konotacje religijne. Jednak żadne z tych porównań nie oddaje w pełni esencji tego odgłosu. Mimo że był bardzo głośny, dało się wychwycić składające się na niego pomniejsze dźwięki: trzepot pojedynczych par skrzydeł docierający do ucha w odstępach wynoszących **ułamki sekundy**[141], z różnicami dającymi się wychwycić na poziomie tembru i mikrotonów. Odbierany całościowo, hałas był naprawdę potężny i przyprawiał o gęsią skórkę, lecz jednocześnie miał w sobie pewien rys delikatności. Chwilę później niebo rozświetlił błysk, stado biegusów zniknęło, by za moment znów zawirować w promieniach słońca. Było to doprawdy magiczne widowisko, jednak jego fonia wywarła na mnie znacznie silniejsze i trwalsze wrażenie niż wizja.

Wyczuwając cud

W swojej książce zatytułowanej *Wonder, the Rainbow and the Aesthetics of Rare Experiences* naukowiec Philip Fisher pisze, że cud pozostaje w relacji ze światem widzialnym, gdyż „jedynie wrażenia wzrokowe mają charakter natychmiastowy; cały obiekt wraz ze wszystkimi najdrobniejszymi szczegółami ukazuje się naszym oczom w jednej chwili". Instynktownie traktujemy to stwierdzenie jako słuszne, jednak wystarczy krótka chwila refleksji popartej dowodami, by się przekonać, że prawda jest znacznie bardziej złożona. Z pewnością to właśnie wzrokowi zawdzięczamy najwięcej informacji – dostarczane przez niego obrazy są niezwykle finezyjne i pełne detali – lecz wbrew powszechnemu przekonaniu nie działa ani w izolacji, ani w sposób natychmiastowy (nie mówiąc o tym, że nawet nie jest najszybszy spośród wszystkich naszych zmysłów). Widzenie wydaje się procesem bezpośrednim, niewymagającym prawie żadnego wysiłku, podczas gdy

w rzeczywistości w przetwarzaniu bodźców wzrokowych bierze udział aż jedna trzecia kory mózgowej. W dodatku to, co widzimy, jest nieustannie kształtowane zarówno przez to, co słyszymy, czujemy, czego dotykamy i doświadczamy na inne sposoby, jak i przez nasz nastrój w danej chwili, wspomnienia i wiedzę. Patrząc na problem z tej perspektywy, można pokusić się o stwierdzenie, że nie postrzegamy rzeczy takimi, jakimi są. Postrzegamy je przez pryzmat samych siebie.

Tamtego dnia w Snettisham cud, którego doświadczyłem, miał w równym stopniu charakter wizualny co foniczny. Światło podróżuje co prawda prawie milion razy szybciej niż dźwięk, jednak ponieważ impulsy słuchowe są przetwarzane w mózgu szybciej niż wzrokowe, najpierw słyszymy, a dopiero potem widzimy. Ta natychmiastowość (ang. *immediacy*, z łac. „nic pomiędzy") może wywoływać wrażenie immanencji (z łac. „pozostający wewnątrz"), a co za tym idzie, być, przynajmniej po części, przyczyną, dla której niezwykłe dźwięki i wibracje tak często są atrybutem świętych miejsc. Przedstawiciele dawnych ludów doskonale rozpoznawali tę zależność: prehistoryczne malowidła naskalne najczęściej pojawiają się dokładnie tam, gdzie echo jest najsilniejsze. Gdy uderzali krzemieniem używanym do wyrobu narzędzi w silnie rezonującym otoczeniu, takim jak jaskinia czy podnóże ściany skalnej, powstawał wysoki dźwięk przypominający trzepot ptasich skrzydeł. Muzykolog Ian Cross i antropolog Ezra Zubrow – obaj przesiąknięci racjonalizmem do szpiku kości – opisując próbę odtworzenia tego odgłosu, stwierdzili, że brzmiał, jakby pochodził „nie z tego świata [...], jak gdyby [za jego sprawą] zbudził się jakiś realny, acz niewidzialny byt".

Kiedy słyszymy, dźwięk transmitowany przez bębenek i trzy maleńkie kosteczki dociera do ślimaka w naszym uchu wewnętrznym, gdzie różne częstotliwości odbijają się w różnych punktach membrany, która znajduje się wewnątrz spirali przypominającej zwiniętą muszlę. Wibrująca membrana muska maleńkie włoski połączone z nerwami biegnącymi do mózgu, gdzie wysłany przez nie sygnał zostaje

przetworzony. Czułość tego systemu jest doprawdy zdumiewająca. W odpowiednich warunkach jesteśmy w stanie wychwycić wibracje mniejsze niż średnica atomu wodoru.

W życiu codziennym mamy świadomość, iż odbieramy świat naszymi pięcioma zmysłami, które są zawsze do naszej dyspozycji: widzimy, że widzimy, słyszymy, że słyszymy, czujemy, że czegoś dotykamy, coś jemy i coś wąchamy. (Może się zdarzyć, że w chwili, gdy będziemy z nich świadomie korzystać, doświadczymy pełni życia w czystej postaci; czasami już sam akt autoobserwacji może wprowadzić nas w stan podobny do tego, który japoński myśliciel i badacz filozofii zen Daisetz Teitaro Suzuki określił mianem oświecenia – wrażenia „przypominającego doświadczenia dnia codziennego, z tą tylko różnicą, że odczuwanego, jakbyśmy się unosili pięć centymetrów nad ziemią").

Jednakże nie są to jedyne dostępne nam furtki do otaczającego nas świata. Wedle niektórych obliczeń mamy ich około dwudziestu, wliczając w to układ somatosensoryczny, dzięki któremu rejestrujemy temperaturę i ból; swędzenie, łaskotki i propriocepcję, dzięki której jesteśmy świadomi pozycji oraz ruchów naszego ciała, w szczególności głowy i kończyn (to właśnie propriocepcja umożliwia nam na przykład czynność, którą jest dotknięcie palcem czubka własnego nosa, gdy mamy zamknięte oczy).

Jednak najważniejszym spośród zmysłów, dzięki któremu tamtego ranka w Snettisham mogłem doświadczyć prawdziwego cudu, okazał się układ, o którym bardzo rzadko się wspomina. Kiedy spojrzałem w górę, przechylając głowę i szybko nią obracając, żeby widzieć i słyszeć przelatujące nade mną biegusy, mój układ przedsionkowy zarejestrował ruch i zmianę położenia głowy. Na podstawie informacji zebranych i przetworzonych przez niego w ciągu jednej dziesiątej sekundy mój mózg wiedział dokładnie, w jaki sposób powinienem poruszać oczami, żeby śledzić ptaki w locie, zachowując ostrość obrazu. Ale na tym nie

koniec, gdyż przez cały ten czas monitorował jednocześnie kierunek oddziaływania siły ciężkości, żebym pozostał w pozycji pionowej.

Obok ślimaka, oddalone na szerokość dwóch palców od kości czaszki, znajdują się trzy pierścienie, każdy ułożony prostopadle względem płaszczyzn dwóch pozostałych, niczym sąsiadujące boki sześcianu. Kanały półkoliste, bo o nich mowa, różnią się od siebie rozmiarem: najmniejszy nie przekracza rozmiarem amerykańskiej jednocentówki, podczas gdy największy dorównuje średnicą brytyjskiej pięciopensówce. Każdy ma postać pęcherzyka wypełnionego płynem, który chlupocze przy każdym ruchu głowy, opryskując maleńkie włoski pokrywające jego wyściółkę. Umiejscowione w ściankach nerwy rejestrują falowanie włosków, pozwalając nam w ten sposób odczuwać ruch obrotowy oraz przyspieszenie. U podstawy pęcherzyków, gdzie łączą się wszystkie trzy kanały, znajdują się dwa otolity: maleńkie kamyczki z węglanu wapnia spoczywające na włoskach czuciowych wewnątrz torebek kształtem przypominających płatek małżowiny usznej. Uciskając włoski czuciowe, otolity rejestrują kierunek oddziaływania siły ciężkości, dzięki czemu wiemy, gdzie jest góra, a gdzie dół. Kanały półkoliste razem z otolitami stanowią jednocześnie nasz wewnętrzny żyroskop, akcelerometr i dryfkotwę. Zawsze są „włączone", nieprzerwanie dostarczając nam informacji o pozycji głowy i prędkości, z jaką zmienia położenie w stosunku do powierzchni Ziemi. „Słyszą", gdzie w danym momencie jesteśmy i w jakim kierunku się przemieszczamy. Bez nich nie byłbym w stanie w pełni doświadczyć lotu biegusów ani czegokolwiek innego, bo gdyby działały wadliwie, ogarnęłyby mnie mdłości albo bym się przewrócił, albo spotkałoby mnie i jedno, i drugie.

Geneza układu przedsionkowego sięga początków ewolucji. Rozwinął się u naszych **najstarszych zwierzęcych przodków**[142] jeszcze przed wytworzeniem się systemów przetwarzania bodźców wzrokowych i słuchowych. Dokładnie w tym samym czasie co twór siatkowaty w pniu mózgu, czyli kolejny ewolucyjnie pierwotny układ, który dziś jest

odpowiedzialny za przesyłanie impulsów po całym mózgu, by utrzymać nas w stanie świadomości lub czuwania. Układ przedsionkowy razem z układem siatkowatym pobudzającym tworzy szeroką sieć połączeń w pozostałych obszarach mózgu, a w konsekwencji odgrywa istotną rolę w obrębie szerokiego wachlarza funkcji mózgu, od odruchów bezwarunkowych po najwyższe poziomy świadomości. Dzięki niemu możemy poruszać się w świecie i doświadczać go jako spójne, samoświadome, pozostające w stanie równowagi byty – na przykład tak jak to miało miejsce w moim przypadku, dostać się do miejsca, w którym można spotkać biegusy, obejrzeć ich lot i mieć z tego prawdziwą frajdę. Układ przedsionkowy rejestruje również dźwięki o niskich częstotliwościach oraz infradźwięki poniżej progu około dwudziestu herców i z tej właśnie przyczyny nazywany jest nieraz uchem całego organizmu. Jak donoszą naukowcy zajmujący się ochroną zagrożonych gatunków, którzy od lat pracują ze słoniami, zdarzają się chwile, kiedy po prostu wiedzą, że zwierzę, które zniknęło im z pola widzenia na kilka godzin, dni czy tygodni, zaraz się pojawi – przepowiadają powrót zagubionego słonia z niemal perfekcyjną dokładnością. Dzieje się tak najprawdopodobniej dlatego, że badacze „słyszą" głębokie dźwięki wydawane przez zbliżające się słonie, nieświadomie wykorzystując do tego celu swój aparat przedsionkowy.

Tajemnica mózgu

Cudowny mechanizm układu przedsionkowego jest ukryty przed naszym wzrokiem, lecz ogólne zasady jego działania są dość jasne i łatwo je zrozumieć. Zupełnie inaczej ma się sprawa w przypadku mózgu – poziom złożoności tej maszynerii może onieśmielać, a nawet odstraszać. Bo mimo ogromnego postępu, który dokonał się na przestrzeni mniej więcej stu dwudziestu lat, odkąd Santiago Ramón y Cajal wraz z innymi badaczami wykazał, że mózg składa się z sieci neuronów, wciąż mamy ograniczoną wiedzę na jego temat i w pewnych

obszarach nadal pozostaje absolutną zagadką. Zdaniem Gary'ego Marcusa, psychologa i neurobiologa, przed naukowcami jeszcze długa droga, mają bowiem do odkrycia wiele ogólnych schematów rządzących skomplikowaną mechaniką mózgu, nie mówiąc o opracowaniu teorii precyzyjnie opisującej zasady jego funkcjonowania.

Często (prawdopodobnie zbyt często) mówi się, że ludzki mózg to najbardziej złożony obiekt we wszechświecie, nie licząc samego wszechświata. Sformułowanie tego stwierdzenia przychodzi nam z taką łatwością, że równie łatwo przeoczyć ogrom zawierającej się w nim treści. Jednak od czasu do czasu pojawia się jakiś drobny szczegół, który pomaga w pełni uświadomić sobie wagę tych słów. W ludzkim mózgu istnieje mniej więcej **kwadrylion**[143] połączeń (1 000 000 000 000 000 000). Już sama liczba przyprawia o zawrót głowy. Jeszcze bardziej piorunujące wrażenie robi fakt, że w każdej synapsie, która jest miejscem komunikacji, co najmniej kilkaset różnych białek podlega samoorganizacji. W ten sposób kontrolują fuzję, recykling i ruchy pęcherzyków synaptycznych, odpowiedzialnych za uwalnianie i transmisję neuroprzekaźników pomiędzy pęcherzykami puli rezerwowej, strefą aktywną i błoną komórkową. Odbywa się to za każdym razem, gdy dochodzi do przesłania impulsu nerwowego, czyli nawet setki razy na sekundę. Obraz przedstawiający w dużej skali organizację tych białek został opublikowany w 2016 roku. Stworzenie go zajęło naukowcom ponad rok, choć ukazuje zaledwie pojedynczy moment w całym procesie zachodzącym w niewyobrażalnie wręcz szybkim tempie. Czytając krótkie sprawozdanie dotyczące tej wizualizacji, przypomniałem sobie o istnieniu terminu „hiperobiekt", który został ukuty przez teoretyka literatury Timothy'ego Mortona, by opisać przedmioty tak dalece wymykające się kategoriom czasu i przestrzeni, że nie jesteśmy w stanie ich objąć umysłem, zarówno na poziomie percepcji, jak i pojmowania. Morton miał na myśli zjawiska takie jak zmiany klimatyczne, masowe wymieranie gatunków czy radioaktywny pluton. Jednak mózg również opiera się percepcji

w odniesieniu do czasu, przestrzeni i wymiarowości, toteż wydaje mi się w pełni uzasadnione nazwanie go hiperobiektem mieszczącym się w głowie.

Ludzki mózg ma swój udział w tak wielu niezwykłych zjawiskach, noszących znamiona zarówno cudu, jak i koszmaru, że słowa nie są w stanie tego wyrazić, jednak mimo całej jego złożoności da się o nim powiedzieć kilka prostych prawd. Ostatecznie to w końcu tylko jeden spośród wielu organów w naszym ciele – gruda tkanki rozmiarem i wagą zbliżona do orzecha kokosowego, w dotyku przypominająca galaretowatą meduzę albo masło, która po śmierci gnije dokładnie tak samo jak cała reszta. W piosence *Going Home* Leonard Cohen śpiewał w imieniu swojego alter ego (albo persony scenicznej, a może prawdziwego ja), które wie, że jest niczym więcej jak tylko „przelotnym przedłużeniem zwykłej rury". Oczywiście nie musimy wcale uznawać, że to wszystko, czym był Cohen (i w ogóle jakikolwiek człowiek), niemniej jest to bezsprzecznie jeden z elementów składowych. Pozostając w tym duchu, chciałbym zaprezentować siedem spostrzeżeń na temat mózgu. Po każdym nastąpi rozwinięcie – czasem krótsze, czasem nieco dłuższe – esencji zawartej w nim treści. Jednak każdy opis ma jedynie charakter szkicu (i być może wkrótce stanie się nieaktualny) względem całego zasobu wiedzy, który posiadamy w tej dziedzinie. Żywię jednak nadzieję, że to wystarczy, by posłużyć jako punkt wyjścia do wzbudzenia ciekawości i poczucia zachwytu.

1. Mózg wchodzi w interakcje, prognozuje i tworzy

„Czaszka to nasz hełm kosmonauty" pisał Vladimir Nabokov, jednak mózg, ulokowany wewnątrz twardej obudowy z kości, na pierwszy rzut oka sprawiający wrażenie bezwładnej, galaretowatej grudy, to w rzeczywistości najbardziej aktywny organ w całym naszym organizmie, który by funkcjonować, pochłania aż dwadzieścia procent wykorzystywanej przez nas energii, choć jego waga w stosunku do całej

masy naszego ciała wynosi niecałe dwa procent. Jego wieczny „głód" wynika z faktu, że dzięki niebywałej sprawności jest jednocześnie najbardziej **zewnętrznie ukierunkowanym**[144] narządem, reagującym w ciągu zaledwie tysięcznych ułamków sekundy na zmiany w otaczającym go środowisku, jak i systemem kontrolującym i monitorującym wiele wewnętrznych procesów. „Mózg – jak to ujął neuronaukowiec António Damásio – **zajmuje się**[145] zarówno bezpośrednim reprezentowaniem organizmu, jak i pośrednim reprezentowaniem wszystkiego, z czym ów organizm wchodzi w interakcję". Strumień wrażeń trafia do wewnątrz, po czym następuje inicjacja konkretnych czynności, zaś mózg rozpoznaje i organizuje współdziałanie tych dwóch procesów. „Gdzieś pośrodku tego wszystkiego znajduje się inteligencja – stwierdza Larry Abbott (kolejny neuronaukowiec) – i to właśnie tutaj tkwi źródło wszelkiej aktywności".

Jednak działanie mózgu nie sprowadza się jedynie do reagowania na otaczającą nas rzeczywistość, gdyż sieci neuronów bezustannie się wzajemnie stymulują. Niezależnie, czy śpimy, czy znajdujemy się w stanie pełnej świadomości, dwie półkule cały czas produkują wysokiej częstotliwości fale elektryczne. Do przetwarzania zewnętrznych bodźców – informacji pochodzących ze świata spoza naszej głowy – mózg wykorzystuje jedynie niewielki odsetek całej energii: najprawdopodobniej nie przekracza on pięciu procent. Jak pisze psycholog kognitywny Stanislas Dehaene: „układ nerwowy działa przede wszystkim jako autonomiczny mechanizm generujący własne schematy myślowe".

Sieci neuronów, oprócz wielu innych wykonywanych przez nie czynności, tworzą prognozy na podstawie naszych przeszłych doświadczeń, po czym uwzględniwszy nowe informacje, uaktualniają i korygują te przewidywania. Kiedy mamy wrażenie, że coś właśnie zobaczyliśmy, czy to będzie limonka czy leming, kora wzrokowa przesyła do wzgórza – znajdującego się w centralnej części mózgu ośrodka informacyjnego – kilkakrotnie więcej danych niż oczy. Przez

większość czasu nasz mózg – „wielowarstwowa probabilistyczna maszyna prognozująca", cytując za Karlem Fristonem – pobiera informacje z narządu wzroku, by uaktualniać obraz tego, co już wcześniej zostało przez niego przewidziane. Można zatem powiedzieć, że nasz mózg najpierw tworzy świat – zapamiętuje, wyobraża sobie i śni – a dopiero potem go widzi.

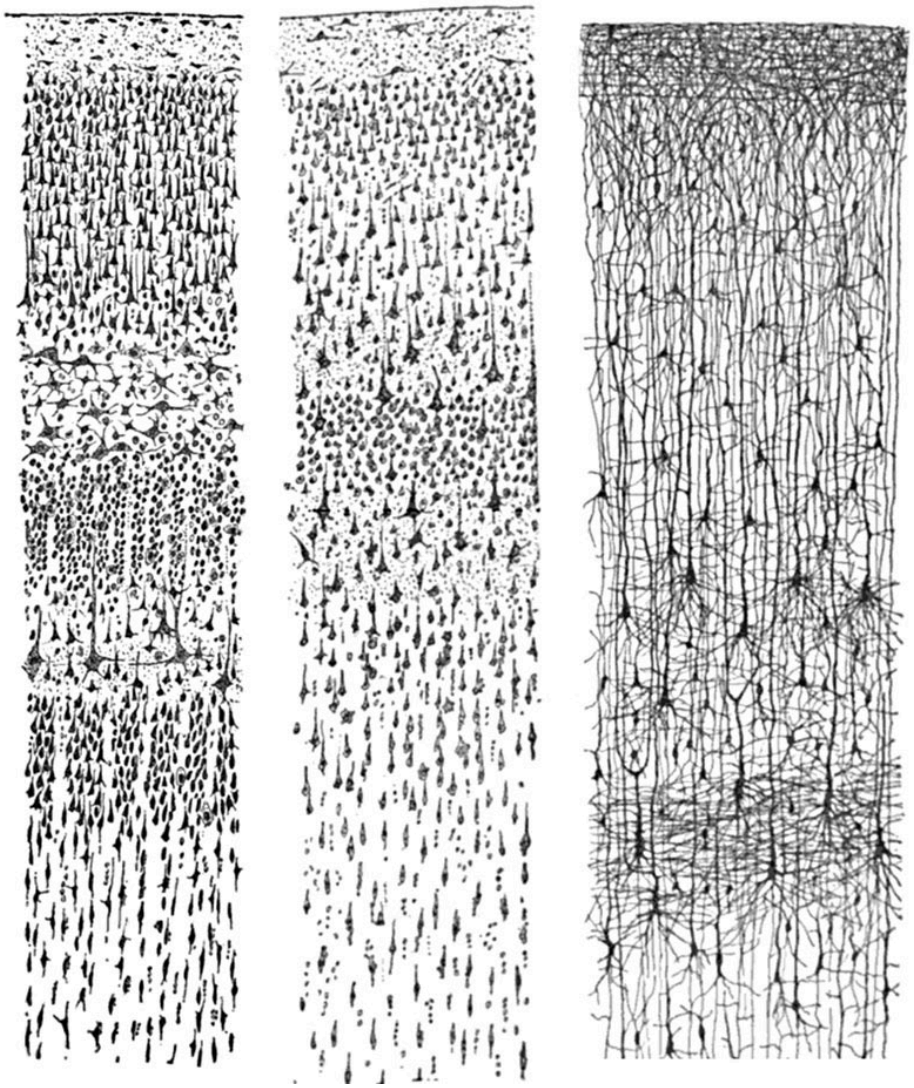
2. Zdumiewającą architekturę mózgu wcale nietrudno objąć umysłem

A przynajmniej nie tak trudno zrozumieć ogólny zarys jego budowy. Można sobie na przykład wyobrazić, jak to proponuje neuronaukowiec Christof Koch, że mózg **przypomina las**[146], choć trzeba tu zaznaczyć, że nie każdy. Liczba neuronów w ludzkim mózgu jest porównywalna z liczbą drzew porastających nizinę Amazonki, podobnie jak różnorodność ich kształtów – korzeni, gałęzi i liści pokrytych pnączami. Koch zachęca nas, byśmy sobie wyobrazili wielogodzinny lot nad Amazonią, najlepiej niewielkim samolotem, bo taka mentalna wyprawa pozwoli nam choć odrobinę uzmysłowić sobie bogactwo i różnorodność, jakie skrywa różowoszara gruda mazi tkwiąca pomiędzy naszymi uszami.

To przepiękne porównanie sprawdzi się, o ile nie weźmiemy go zbyt dosłownie. Już same liczby nie do końca się zgadzają. Wedle danych szacunkowych w amazońskim lesie deszczowym rośnie około 390 miliardów drzew, co stanowi ponad czterokrotność liczby neuronów w ludzkim mózgu, których zgodnie z najnowszymi ustaleniami jest mniej więcej 86 miliardów, choć to wciąż imponujący rząd wielkości zbliżający się do liczby gwiazd w Drodze Mlecznej. Gdyby z powrotem przełożyć te ilości na drzewa, wystarczyłoby, aby zalesić 1,2 miliona kilometrów kwadratowych, czyli mniej więcej obszar dwukrotnie większy od terytorium Teksasu albo sześćdziesiąt razy większy od

Walii. Jeśli chodzi o różnorodność, przyjmuje się, że w Amazonii występuje szesnaście tysięcy gatunków drzew, podczas gdy liczba **różnych rodzajów neuronów**[147] wynosi od kilkuset do nieco ponad tysiąca. Typowy neuron posiada około piętnastu tysięcy kolców dendrytycznych – każdy z nich tętni życiem, wciąż się formując i przekształcając – czyli w przybliżeniu odpowiada to liczbie gałęzi dużego drzewa.

Więc jeśli nawet nie mamy do czynienia ze skalą amazońskiej puszczy, mózg nadal przypomina gigantyczny las, którego nawet Cosimo Piovasco, zwinny arystokrata z powieści Itala Calvina *Baron drzewołaz*, nie byłby w stanie zbadać, choćby poświęcił na to całe życie. Tyle tylko że musimy go sobie wyobrazić jako zalesienie, w którym drzewa wraz z korzeniami rosną warstwowo, tworząc co najmniej sześć poziomów, i pną się w górę, przekraczając linię horyzontu – stworzony przez nas obraz powinien przywodzić na myśl lasy Wistman's Wood lub Black-a-Tor Copse przefiltrowane przez wyobraźnię Piranesiego albo Eschera. W tym gąszczu aksony niektórych neuronów transportujące impulsy elektryczne z centrosomów ciągną się niczym niewyobrażalnie długie korzenie albo pnącza. Gdyby na przykład perikarion neuronu piramidowego w korze mózgowej powiększyć do rozmiarów ludzkiego ciała, jego akson o średnicy kilku centymetrów osiągnąłby długość przekraczającą kilometr.



Kolejną różnicą pomiędzy mózgiem a lasem jest oczywiście sposób komunikacji. Drzewa „rozmawiają" ze sobą za pomocą informacji chemicznych, wibracji oraz innych sygnałów przesyłanych w obrębie podziemnej sieci przypominającej internet („Wood Wide Web"). Jednakże, wedle stanu obecnej wiedzy, ani wewnętrzna, ani zewnętrza komunikacja drzew nie dorównuje elektrochemicznej transmisji danych, która się odbywa w mózgu zarówno wewnątrz samych neuronów, jak i pomiędzy nimi. W drzewie podróż substancji chemicznych do miejsca, gdzie są potrzebne, by uchronić liście przed atakiem, może zająć nawet godzinę, podczas gdy w neuronie transmisja sygnałów z dendrytów, przypominających gałęzie, do ciała komórki

(inaczej somy albo perikarionu), gdzie są przetwarzane, odbywa się w ciągu tysięcznych sekundy. Następnie w równie szybkim tempie produkt owego przetworzenia przesyłany jest wzdłuż aksonów do synaps, które z kolei komunikują się z dendrytami innych neuronów. Ponieważ cały proces zajmuje zaledwie kilka tysięcznych sekundy, neurony mogą generować setki potencjałów czynnościowych (tzw. iglic) na sekundę, kodując informację w ściśle określonych czasowo sekwencjach impulsów zwanych ciągami iglic. Jednak neurony działają zazwyczaj w obrębie milionów sieci, przez które fale aktywności przetaczają się niczym podmuchy wiatru i burze przez las – choć te „wichry" szaleją wewnątrz komórek, a nie wokół nich, zaś niektóre neurony łączą się bezpośrednio z innymi, znacznie od nich oddalonymi komórkami.

Spróbujmy teraz nieco oddalić obraz i zamiast obserwować pojedynczą komórkę, spójrzmy na całą tkankę, jak widzi ją chirurg – z tej perspektywy mózg zapiera dech w piersi na zupełnie innym poziomie. Po zobaczeniu jego powierzchni przez mikroskop neurochirurga Henry'ego Marsha pisarz Karl Ove Knausgård tak opisuje rozpościerający się krajobraz:

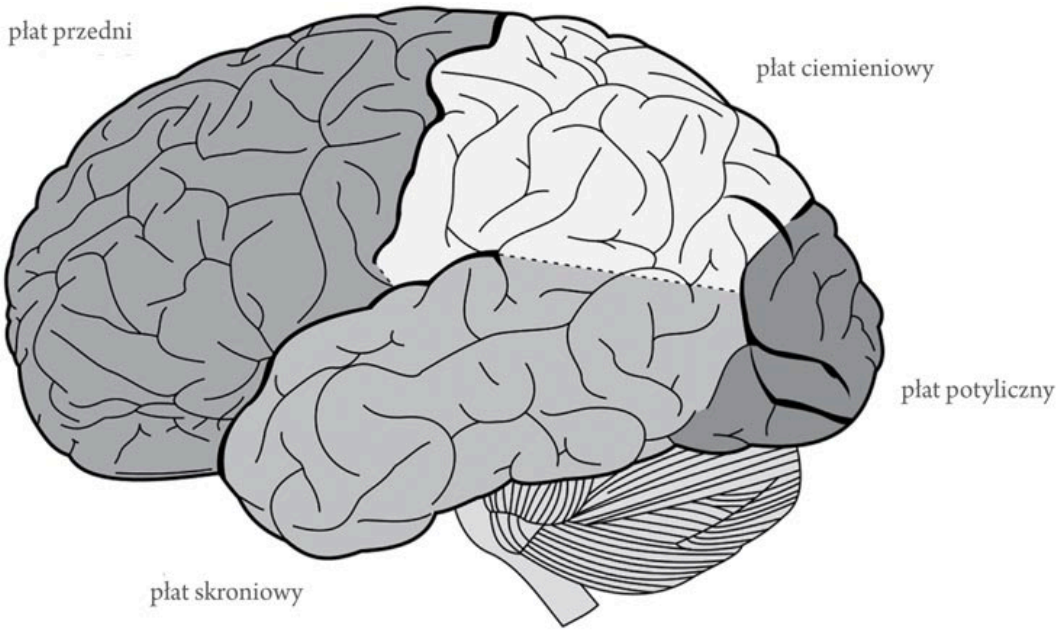
> Czułem się tak, jak gdybym stał na szczycie góry i spoglądał na równinę pokrytą długimi meandrującymi rzekami. Na horyzoncie piętrzyły się kolejne wzgórza poprzecinane dolinami, spośród których jedną przysłaniał ogromny, biały lodowiec. Wszystko lśniło i pobłyskiwało. Miałem wrażenie, jakbym przeniósł się do innego świata, do jakiejś odległej galaktyki. Jedna rzeka była fioletowa, inne mieniły się odcieniami głębokiej czerwieni, zaś tereny, po których toczyły się ich wody, miały zupełnie nieznane mi barwy. Jednak to lodowiec najbardziej przykuł moją uwagę. Górował nad doliną niczym płaskowyż, oślepiając bielą górskiego śniegu w słoneczny dzień. Nagle uniosła się nad nim fala czerwieni i zalała całą jego powierzchnię. Nigdy w życiu nie widziałem czegoś równie pięknego. Kiedy się wyprostowałem i odsunąłem na bok, żeby zrobić miejsce doktorowi, przez moment miałem w oczach łzy.

A teraz zabierzmy mikroskop chirurga i powróćmy do skali widocznych gołym okiem przedmiotów użytku codziennego – przy takim oddaleniu cały ten pejzaż mózgu stanie się dla nas niewidoczny. Wciąż jednak możemy podziwiać jego architekturę i organizację.

Zacznijmy od kory mózgowej – pomarszczonej kopuły czy też dziwacznej bańki, która od mózgu psychopaty w *Młodym Frankensteinie* po mózgi kosmitów w *Marsjanie atakują!* odgrywa rolę przerysowanej synekdochy reprezentującej cały narząd. Kora mózgowa przypomina płachtę zmiętego w kulę **materiału**[148] z głęboką rysą (szczeliną podłużną) oddzielającą dwie półkule, które są jednak połączone znajdującym się pod spodem grubym pasmem istoty białej, tzw. ciałem modzelowatym. Gdybyśmy położyli korę na dłoni i obracali jakby niewielkich rozmiarów globus, na pokrywającym obie półkule labiryncie zakrętów (*gyri*) oraz bruzd (*sulci*) zdołalibyśmy wyodrębnić cztery regiony, czy raczej płaty, z których każdy pełni inną funkcję. I tak, ogólnie rzecz ujmując, płaty przednie (ulokowane tuż za czołem) zawiadują procesami myślowymi oraz decyzyjnymi, a także planowaniem i wykonywaniem intencjonalnych działań ruchowych. Płaty ciemieniowe (znajdujące się w górnym rejonie czaszki) odpowiadają głównie za wrażenia somatosensoryczne i dotykowe. Płaty skroniowe (umiejscowione po obu stronach głowy) są odpowiedzialne za słuch i mowę, a do tego odgrywają istotną rolę w procesach pamięciowych oraz orientacji przestrzennej. Płaty potyliczne (z tyłu) kontrolują widzenie.

Jednak mózg to nie tylko kora. Cztery piąte wszystkich neuronów występuje bowiem w innych, równie ważnych fragmentach tego narządu. Pod powierzchnią kory znajduje się cały szereg wybrzuszeń, węzłów oraz sieci – częściowo oddzielonych od niej komorami (tj. przestrzeniami wypełnionymi płynem mózgowo-rdzeniowym) – składającymi się na układ limbiczny, który odgrywa kluczową rolę w tworzeniu wspomnień i kształtowaniu emocji.

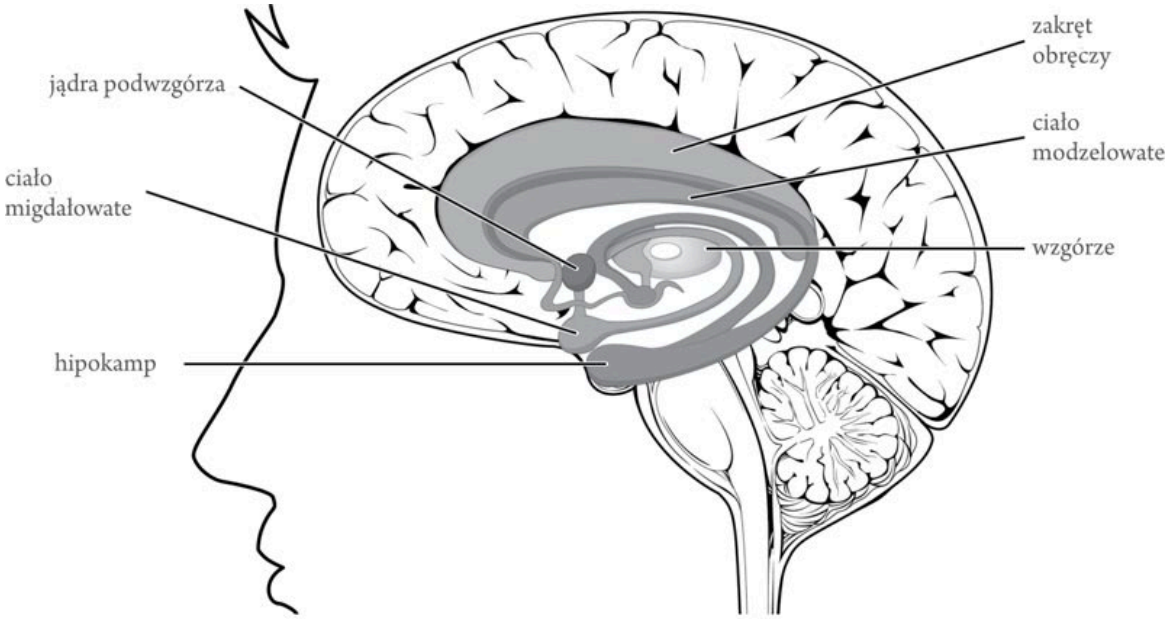
Jego przekrój poprzeczny przypomina niepełną obręcz uformowaną z palca wskazującego i kciuka zgiętych pod takim kątem, że ich opuszki niemal stykają się ze sobą: widoczny na górze zakręt obręczy (*gyrus cinguli*) to nasz palec wskazujący, a leżący pod spodem hipokamp (czyli miejsce, gdzie powstają wspomnienia) to kciuk. Niewielkich rozmiarów ciało migdałowate (odpowiedzialne za generowanie strachu i agresji) jest zawieszone dokładnie pomiędzy nimi.



Kora mózgowa.

Centrum tego układu stanowi wzgórze (łac. *thalamus*, czyli „komnata") zbudowane z dwóch zbliżonych rozmiarem do orzecha włoskiego połówek, które przekazują informacje z narządów zmysłów do odpowiednich płatów w korze mózgowej, a także przyjmują i integrują informacje stamtąd odsyłane. Wzgórze otoczone jest przez jądra podstawne, które są odpowiedzialne za kontrolę ruchów dowolnych. Sąsiaduje z nim również śródmózgowie – choć zajmuje ono u ludzi względnie niewielki obszar, ma fundamentalne znaczenie: zawiera twór siatkowaty, który (jak już wspominałem w kontekście układu przedsionkowego) przekazuje informacje płynące z oczu i uszu,

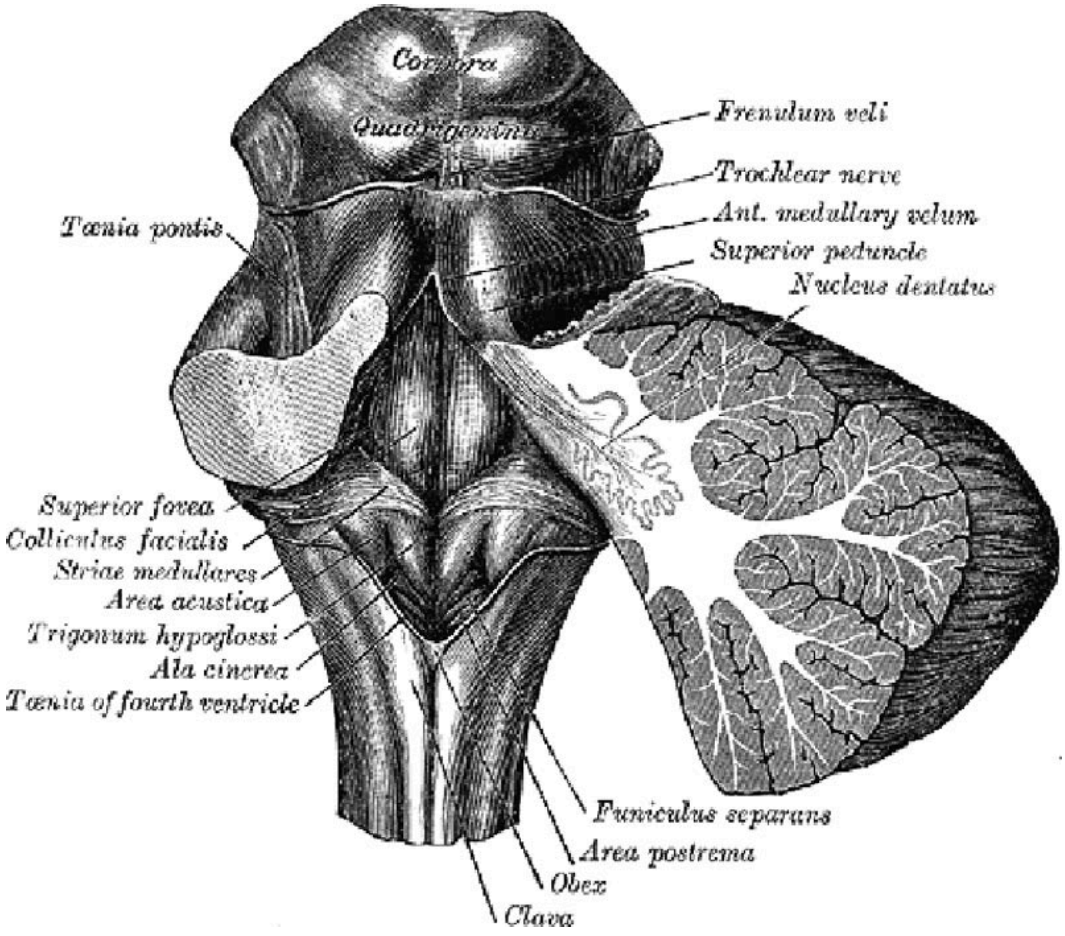
jak również bierze udział w takich podstawowych czynnościach jak sen, budzenie się i chodzenie. W śródmózgowiu ulokowane są również skupiska neuronów produkujących dopaminę, neuroprzekaźnik odgrywający ważną rolę w układzie nagrody.



Układ limbiczny.

Pod układem limbicznym znajduje się wchodzące w skład pnia mózgu tyłomózgowie, które kształtem przypomina *forcola*, dziwacznie wykręconą dulkę na weneckiej gondoli. Składa się ono z trzech struktur ulokowanych w górnej części rdzenia kręgowego. Niższy fragment, czyli rdzeń przedłużony, kontroluje czynności bezwiedne, takie jak oddychanie czy bicie serca, i jest związany ze stanem czuwania. Powyżej umiejscowiony jest most przekazujący sygnały pomiędzy różnymi obszarami mózgu. Trzeci element to móżdżek (łac. *cerebellum* oznaczające „mały mózg"), ulokowany na tyłach czaszki tuż pod płatem potylicznym niczym drugi mózg, który co prawda wykiełkował, lecz wciąż nie osiągnął pełnego rozmiaru. Rozpiętość jego dwóch grubych, mięsistych skrzydeł, przypominających płetwy manty z poważną nadwagą, wynosi około dziesięciu centymetrów. Fałdy na jego powierzchni przywodzą na myśl wnętrze gardła płetwala błękitnego,

lecz w przekroju poprzecznym wygląda raczej jak kalafior. Móżdżek kontroluje równowagę, koordynację ruchową, a także ma swój udział w uczeniu się nowych umiejętności motorycznych. I choć objętościowo zajmuje zaledwie dziesięć procent całego mózgu, liczba jego neuronów stanowi niemal czterokrotność liczby komórek nerwowych w korze mózgowej (aczkolwiek ich organizacja jest znacznie prostsza). Nie mówiąc o tym, że zawiera więcej neuronów niż wszystkie pozostałe obszary mózgu razem wzięte. To tłumaczy, dlaczego komputer jest w stanie pobić człowieka w szachach czy w go, natomiast wciąż nie potrafi bawić się piłką tak dobrze jak pięciolatek czy pies. Cały ten ruch pochłania bowiem ogromne ilości mocy przerobowych mózgu.



Tyłomózgowie z móżdżkiem w przekroju poprzecznym.

3. Domeną mózgu są ruch i mapa

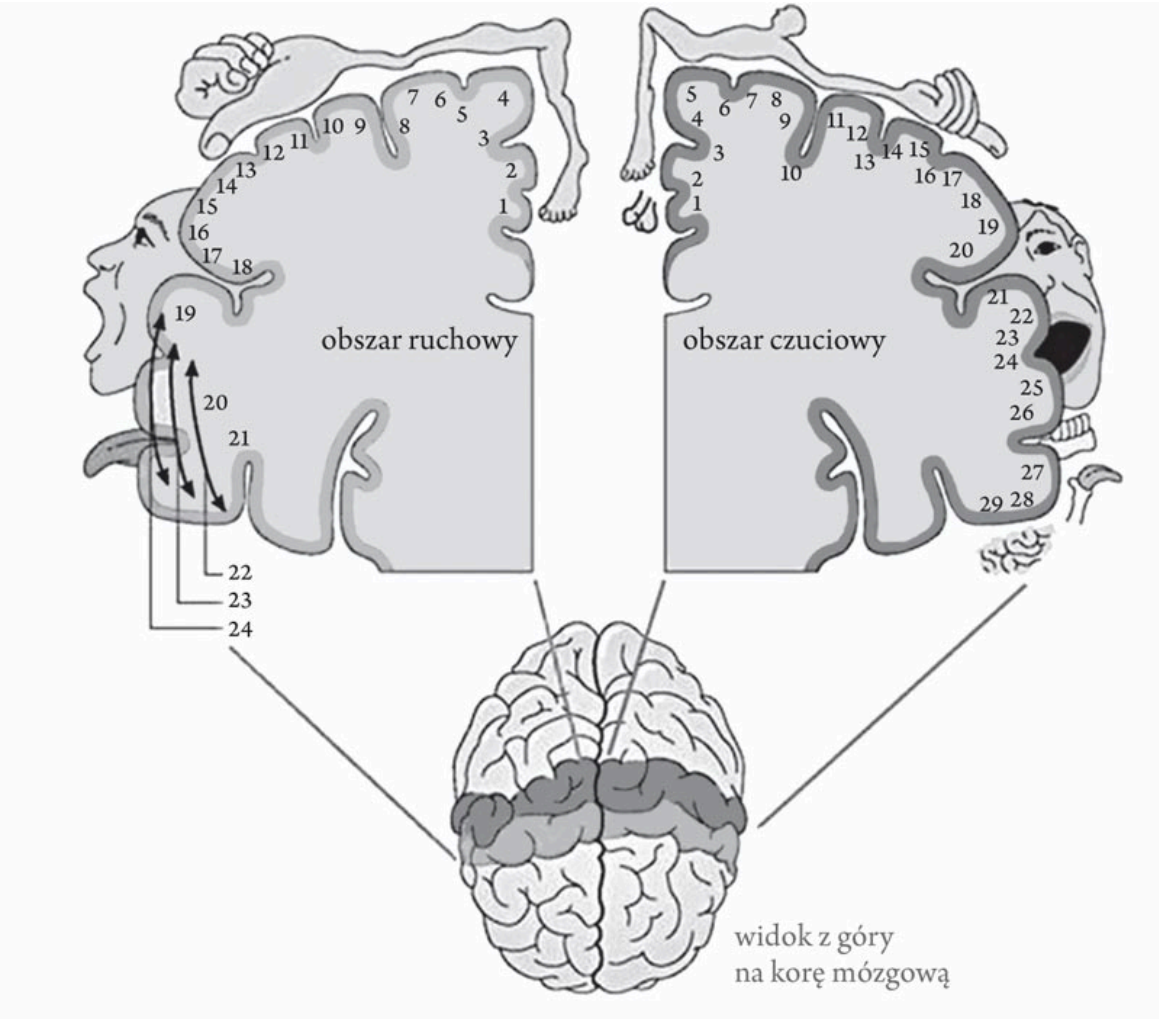
Stwierdzenie, że głównym zadaniem mózgu jest umożliwienie nam poruszania się, może wydać się zbytnim uproszczeniem, jednak neurobiolog Daniel Wolpert oświadcza bez wahania: „Zrozumieć ruch to zrozumieć cały mózg". Ruch to jedyne narzędzie, za pomocą którego wchodzimy w interakcję ze światem, niezależnie od tego, czy przetrząsamy wszystkie kąty w poszukiwaniu jedzenia, czy gestem dłoni przywołujemy kelnera. W rzeczy samej cała komunikacja, na którą składają się mowa, gestykulacja, język migowy i pismo, odbywa się za pośrednictwem układu motorycznego. „Kiedy się uczymy – mówi Daniel Wolpert – pamięć, procesy poznawcze oraz przetwarzanie bodźców zmysłowych biorą w tym udział nie bez powodu, a tym powodem jest działanie".

Bez ruchu zwierzęta – poza kilkoma godnymi odnotowania wyjątkami jak gatunki wyposażone w specjalne mechanizmy obronne albo koralowce, do których jedzenie przychodzi samo – zazwyczaj umierają. Żeby im pomóc w nawigacji, mózg tworzy mapy zarówno ich ciał, jak i otaczającej je przestrzeni. „Mapa" jest w tym kontekście niemal całkowicie pozbawiona metaforycznego wymiaru. W latach dwudziestych XX wieku neurochirurg Wilder Penfield odkrył, że w chwili stymulowania konkretnego fragmentu kory somatosensorycznej jego pacjenci zgłaszali mrowienie w prawej ręce. Przesuwając elektrodę centymetr wyżej wzdłuż pasma somatosensorycznego, wywoływał wrażenia dotykowe na przedramieniu albo w okolicy łokcia. Podobne efekty osiągał, drażniąc korę ruchową. Stymulowanie jednego obszaru skutkowało drganiami mięśni lub nieznacznymi ruchami po drugiej stronie ciała, gdy zaś umieścił elektrodę na sąsiedniej połaci, otrzymywał ten sam ruch w sąsiedniej części ciała. Penfield wywnioskował, że mimo nieznacznych różnic pomiędzy pacjentami ogólny układ tych map jest zasadniczo taki sam u każdego: ciało znajduje swoje odzwierciedlenie na powierzchni mózgu w formie wysoce uporządkowanego schematu:

sąsiadujące ze sobą części ciała nakładają się precyzyjnie na sąsiadujące ze sobą obszary mózgu (te obszary mogą pozostawać aktywne, nawet gdy stracimy daną część ciała – mamy wówczas do czynienia z bólem fantomowym).

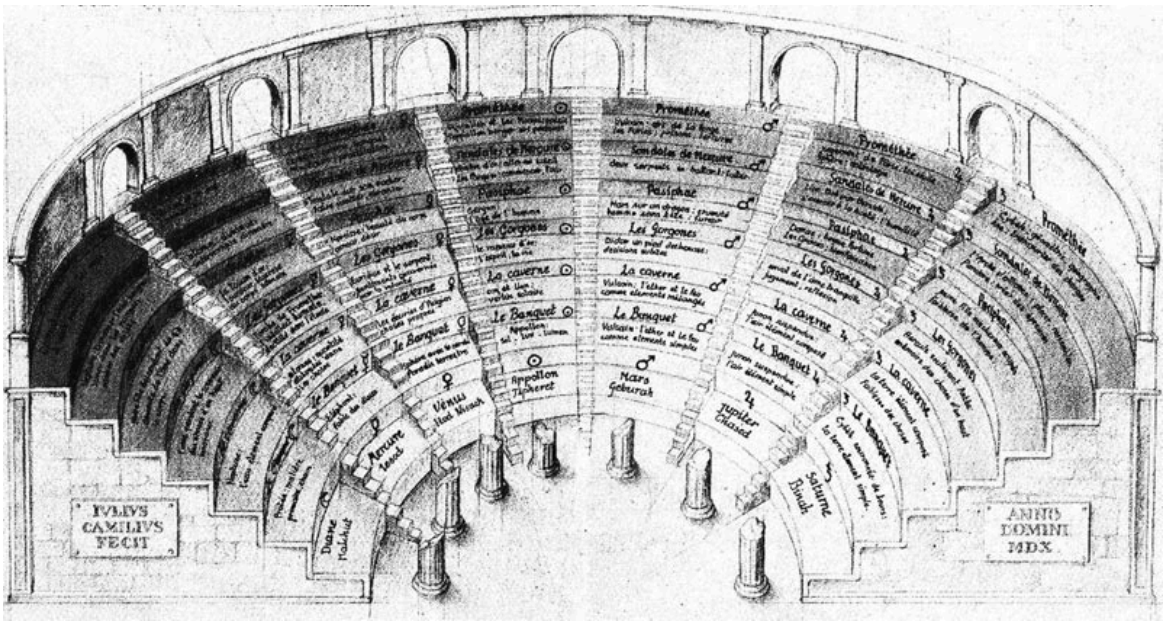
Coś na kształt mapy powstaje również, gdy mózg zaczyna przetwarzać informacje z narządu wzroku. Wzór światła i cienia rzucony na komórki siatkówki jest przekazywany w niezmienionej formie przez komórki zwojowe – pojedyncze włókna w grubym przewodzie, którym jest nerw optyczny – aż do płata potylicznego, gdzie układ tych komórek zostaje precyzyjnie skopiowany, dzięki czemu na tym obszarze mózgu powstaje, w formie impulsów elektrycznych, idealne odwzorowanie obrazu optycznego w tylnej części oka.

Jednak chyba najbardziej niesamowitym przykładem wewnątrzmózgowej „kartografii" są komórki miejsca i komórki sieci. Układ tych pierwszych, zidentyfikowanych w latach siedemdziesiątych XX wieku w hipokampie szczurów, uaktywnia się, gdy zwierzę znajduje się w konkretnym miejscu i obiera konkretny kierunek. Ten sam układ komórek sieci uruchamia się, gdy jednostka ponownie trafia w to samo miejsce, natomiast podczas wizyty w innej lokalizacji ulega pobudzeniu inna kombinacja. Komórki sieci, odkryte nieco później w korze śródwęchowej, różnią się od komórek miejsca tym, że są aktywne nie w zależności od miejsca, w którym akurat przebywa zwierzę, lecz od obszaru, po jakim się porusza na siatce projektowanej przez mózg na zewnętrzną przestrzeń. Wyobraźmy sobie, że podłogę pokoju, w którym się znajdujemy, pokrywa przypominająca mozaikę siatka z trójkątów. Za każdym razem, gdy staniemy w rogu któregokolwiek z nich, uaktywni się jedna komórka sieci. By aktywować kolejną, wystarczy odrobinę zmienić pozycję całej siatki, a potem, w tym nowym ułożeniu, stanąć w rogu dowolnego trójkąta. Krótko mówiąc, przy każdej zmianie układu siatki, będą uruchamiane kolejne komórki.



Mapa ciała w korze somatosensorycznej i korze ruchowej (tzw. homunkulusy Penfielda). [**obszar ruchowy**[149], **obszar czuciowy**[150]]

Komórki miejsca i sieci świadczą o głębokim ewolucyjnym związku pomiędzy systemem lokalizacji przestrzennej i pamięcią. „Każde zwierzę, które musi się poruszać, by zdobyć pożywienie, ponad wszystko inne przedkłada odpowiedź na pytanie «gdzie?»" – wyjaśnia neurobiolog Hugo Spiers. Jego zdaniem wraz z rozwojem intelektu u naszych przodków hipokamp przechowujący dane dotyczące tych wszystkich lokalizacji został dokooptowany do wielofunkcyjnego mechanizmu przekształcającego ważne wydarzenia w trwałe wspomnienia.



Teatr lub pałac pamięci – technika rozwinięta, by pomóc przechowywać i odzyskiwać wspomnienia poprzez umieszczanie każdego z nich we wnęce wyimaginowanej sali – ma głęboki związek z procesem ewolucji naszego mózgu.

4. Mózg ulega nieustannym transformacjom

Choć na podstawie powierzchownej obserwacji można stwierdzić, że mózg to organ w stanie inercji, w rzeczywistości jego wnętrze aż kipi od zachodzących w nim zmian. Neurony, aksony, dendryty i synapsy w ramach nieustającego procesu kształcenia się stale przystosowują się do sytuacji na podstawie swoich elektrycznych i chemicznych „doświadczeń" po to, by zachować zdolność reagowania w różny sposób na różne bodźce, utrzymując przy tym mózg w stanie równowagi. Na ogólną kondycję wszystkich tych części składowych wpływają zarówno przesyłane z pnia mózgu substancje chemiczne, które odpowiadają na przykład za stan czuwania, jak i produkowane przez inne organy hormony biorące udział w procesie motywacyjnym. Gdy się uczymy, siła połączeń synaptycznych z czasem ulega zmianie. W wyniku ich wzmocnienia powstają nowe ścieżki neuronalne, zaś stare zanikają. „Mózg to rozległa, dynamicznie zmieniająca się sieć" – mówi

neuronaukowiec David Eagleman. W odróżnieniu od „układów scalonych innych maszyn liczących [...] jest on «okablowany przez życie»".

I choć mózg w sensie fizycznym nie wykonuje żadnych ruchów, na przestrzeni całego życia jego architektura ulega znacznym przemianom. Na wczesnym etapie rozwoju można odnotować ogromny przyrost połączeń synaptycznych, a także proces gwałtownego udoskonalania poszczególnych struktur. W ciągu pierwszego miesiąca od narodzin liczba połączeń wzrasta dwudziestokrotnie – z około 50 bilionów do około kwadryliona – i dalej rośnie przez co najmniej trzy kolejne lata. Jednak w trakcie rozwoju mózgu ścieżki neuronalne, z których dziecko rzadko korzysta, są usuwane. W okresach wzmożonego przycinania synaptycznego w ciągu sekundy mogą ulec zniszczeniu nawet setki tysięcy połączeń neuronalnych. To właśnie dzięki procesowi eliminacji – usuwania niepotrzebnego „szumu" – mózg uczy się i doskonali swoje umiejętności. W kolejnym stadium rozwoju, gdy mózg nastolatka dojrzewa i wkracza w dorosłość, tłusta biała substancja zwana mieliną tworzy otoczkę wokół aksonów wielu komórek nerwowych, która pełni funkcję izolacyjną, a także usprawnia ich działanie. Na starość mózg zaczyna się kurczyć i słabnąć.

W ostatnich latach najwięcej uwagi zwróciła na siebie transformacyjna zdolność mózgu, zwana neuroplastycznością, a w szczególności umiejętność adaptacji, samonaprawy oraz łagodzenia skutków starzenia. Niezwykłym przykładem jest przypadek pewnej młodej Chinki, która trafiła do szpitala z powodu zawrotów głowy. W trakcie badań lekarze odkryli, że u pacjentki w ogóle nie wykształcił się móżdżek, czyli cały dolny fragment mózgu ulokowany na jego tyłach. Mimo to od dwudziestu czterech lat kobieta wiodła w miarę normalną egzystencję, borykając się jedynie z łagodnymi deficytami motorycznymi i niewielkimi zaburzeniami mowy. Z kolei w Stanach Zjednoczonych mózg poradził sobie z dużo drastyczniejszą traumą: z powodu nowotworu usunięto całą półkulę u młodej dziewczyny, co

zupełnie nie wpłynęło na jej funkcjonowanie. W obu przypadkach inne obszary mózgu wkroczyły do akcji i przejęły kluczowe funkcje, które w przeciwnym razie zostałyby na zawsze utracone.

Ale nawet pomijając ekstremalne sytuacje, prawie każdy z nas może wiele zdziałać na przestrzeni całego swojego życia, by doskonalić swój mózg i przygotować na zmiany, które niechybnie czekają go wraz z nadejściem starości. Proste czynności takie jak choćby codzienny spacer wspierają neurogenezę, czyli proces powstawania nowych komórek nerwowych u dorosłego człowieka. Lepsze funkcjonowanie mózgu zapewniamy sobie również poprzez zwykłą aktywność społeczną. Badania mózgu przeprowadzone w Ameryce wśród zakonnic w podeszłym wieku aż u jednej trzeciej wykazały fizyczne symptomy w pełni rozwiniętego alzheimera, lecz zaledwie kilka z nich zdradzało faktyczne oznaki choroby. Codzienne obowiązki, a także nieustanne zdobywanie nowych umiejętności okazały się skutecznym zabezpieczeniem przed alzheimerem i choć niektóre obszary ich mózgów ulegały stopniowej degeneracji, inne fragmenty znalazły sposób, by zrekompensować te deficyty i pozwolić zakonnicom normalnie funkcjonować.

Neuroplastyczność przejawia się także w relacji mózgu z technologią. Z pomocą narzędzi ludzki umysł staje się czymś więcej niż tylko mózgiem, od którego jest uzależniony, co z kolei wpływa na kształt owego organu. Jak zauważył teoretyk komunikacji Marshall McLuhan: „nadajemy kształt narzędziom, a potem one kształtują nas". Ogień jest jednym z najwcześniejszych i najważniejszych przykładów. Gotowanie pozwoliło ludziom pierwotnym pozyskiwać więcej składników odżywczych z jedzenia, co z kolei doprowadziło do wykształcenia się na drodze ewolucji większego mózgu. Jednak narzędzia przybierają w naszym życiu niezliczone formy. Weźmy na przykład skromną białą laskę, którą posługuje się niewidomy. Z czasem jego mózg i umysł reorganizują się i zaczynają przenosić wrażenia dotykowe na samą końcówkę laski, traktując ją jak część ciała. Człowiek niewidomy

zamienia swój dotyk we wzrok. Jak zauważa archeolog kognitywny Lambros Malouforis: „technologia poddająca umysł transformacji ma futurystyczne zabarwienie, jednak ludzie wykorzystywali ją już od zarania swojej ewolucji". **Proteuszowy**[151] w swej naturze umysł człowieka to niekończący się projekt. I nawet jeśli interfejsy transportujące myśli bezpośrednio z mózgu do jakiejś maszyny albo do drugiego mózgu czy na odwrót (ponoć specjaliści pracujący dla Facebooka, Elona Muska i kilku innych firm są na etapie ich tworzenia) rzeczywiście zasługują na cały medialny szum, jaki generują, w ostatecznym rozrachunku staną się tylko jeszcze jedną formą przedłużenia naszego umysłu.

5. Nie tylko ludzki mózg jest zadziwiający

W świecie mózgu ewolucja jest autorką cudownej różnorodności. Pod względem strukturalnym niektóre mózgi są całkiem odmienne od ludzkiego, co wcale nie oznacza gorszych zdolności umysłowych czy braku inteligencji u ich właścicieli. Z kolei tych o podobnym sposobie organizacji – na przykład mózgów słoni, delfinów czy waleni – często się nie docenia.

Zacznijmy od tego, że myślenie nie jest wyłącznie domeną mózgu, żeby jednak lepiej przyswoić sobie ten koncept, musimy nieco rozszerzyć naszą definicję „myślenia". Wiele organizmów zapamiętuje i przetwarza informacje na temat otaczającego je świata, nie mając nie tylko mózgu, ale nawet neuronów. Jednokomórkowe śluzowce współpracują ze sobą, by zapamiętywać, podejmować decyzje oraz antycypować zmiany. Przewidując nadchodzącą suszę, zaczynają się wolniej poruszać, potrafią też unikać lepkich powierzchni na trasach, po których już się przemieszczały – jest to przykład zewnętrznej pamięci przestrzennej przypominającej organizmowi, by eksplorował nowe obszary. Inne stworzenia, jak ślimaki morskie, stanowią ucieleśnienie złożonych form hiperbolicznej geometrii (którą

matematycy odkryli dopiero w XIX wieku), mimo iż w swoich prostych mózgach nie posiadają żadnej mentalnej reprezentacji tak skomplikowanej budowy.

Równie wiele ciekawych, choć na pierwszy rzut oka w ogóle niedostrzegalnych procesów zachodzi u organizmów niezwierzęcych, na przykład u roślin. Choć nie posiadają układu nerwowego w postaci, jaka jest nam znana, wytwarzają te same związki chemiczne – serotoninę, dopaminę i glutaminian – które pełnią funkcję neuroprzekaźników i leżą u podstaw naszych nastrojów i emocji. Co więcej, rośliny mają też systemy sygnalizacji, działające mniej więcej na tej samej zasadzie co u ludzi i zwierząt. Czują, zapamiętują (prawdopodobnie dzięki prionom, białkom okrytym złą sławą w związku z chorobą wściekłych krów) i się uczą. My reagujemy na substancje chemiczne za pomocą węchu i smaku; rośliny wyczuwają je w powietrzu, w glebie oraz na własnych tkankach. **Korzenie**[152], na których drodze pojawia się jakaś przeszkoda albo toksyna, czasami zmieniają kierunek wzrostu, zanim dojdzie do kontaktu. W 2016 roku odkryto, że rośliny „widzą" pod ziemią, transportując światło wchłonięte na powierzchni aż do samych koniuszków korzeni. Liście zmieniają pozycję, zwracając się ku słońcu. Rośliny zaatakowane przez insekty albo zwierzęta roślinożerne wydzielają substancje chemiczne sygnalizujące zagrożenie, by dać czas sąsiednim liściom czy innym, rosnącym w pobliżu roślinom na przygotowanie chemicznej obrony, a jednocześnie by zwabić owadożerne osy. Co najmniej jedna pożerająca owady roślina, muchołówka, potrafi „policzyć", ile razy złapany w pułapkę insekt dotknie jej włosków czuciowych – jest w stanie zarejestrować do sześćdziesięciu dotknięć – i wykorzystać tę informację do zwiększenia tempa wydzielania enzymów trawiennych.

Procesy poznawcze roślin są fascynujące, ale to, co się dzieje w głowach zwierząt, może jeszcze bardziej zadziwić. Choć mózg pszczoły miodnej jest wyposażony w zaledwie milion neuronów i waży tyle co kryształek cukru, potrafi między innymi rozpoznawać wzory,

zapachy i kolory kwiatów oraz zapamiętywać ich lokalizację. Za pomocą słynnego tańca pszczoła komunikuje się z innymi mieszkankami ula, przekazując im informacje o znalezionym przez siebie pożywieniu: o kierunku, w którym należy lecieć, o odległości, jaką trzeba pokonać, i o ilości nektaru. Ale to nie wszystko, bowiem inne pszczoły, choć to mniej znany fakt, podkreślają komplikacje przerwaniem tego tańca, na przykład gdy zauważą drapieżnika przy tym samym kwiatku. Między mózgiem pszczoły a człowieka istnieje o wiele więcej podobieństw, niż by się mogło wydawać. Mam tu na myśli między innymi występujące zarówno u owadów, jak i ludzi „hormony ekscytacji", które w naszym przypadku są odpowiedzialne za potrzebę szukania coraz to nowszych wrażeń i czerpania z nich przyjemności. Podobne do nikotyny pestycydy mogą zabić pszczołę lub wywołać u niej trwałe uszkodzenia ciała, jednak zanim do tego dojdzie, podrażniają ośrodek nagrody w jej mózgu mniej więcej na tej samej zasadzie co nikotyna u osoby uzależnionej od papierosów.

Jeszcze bardziej zadziwiającym tworem jest mózg ośmiornicy. Ostatni wspólny przodek człowieka i głowonoga – prawdopodobnie robakowate stworzenie wyposażone w kilkaset, najwyżej kilka tysięcy neuronów – żył ponad pięćset pięćdziesiąt milionów lat temu i od tamtej pory nasze ścieżki ewolucyjne całkowicie się rozeszły, czego konsekwencją jest zupełnie inna organizacja mózgu. W przypadku ośmiornicy nie znajduje się on w przypominającej mosznę głowie (w rzeczywistości mieszczą się tu jego trzewia), lecz jest częściowo (w jednej trzeciej) owinięty wokół przełyku tudzież gardła, podczas gdy pozostałe dwie trzecie są rozlokowane w ośmiu ramionach. Pianista Igor Levit grający partię Bacha, w trakcie której każda ręka zdaje się poruszać w sposób całkowicie autonomiczny, to doprawdy imponujący widok, jednak ośmiornica potrafi wykonywać jednocześnie osiem różnych czynności, a każde z jej ramion dosłownie myśli za siebie, choć za ogólną koordynację odpowiada centralny fragment mózgu.

Ośmiornica posiada zaledwie pięćset milionów neuronów – czyli dwadzieścia razy mniej niż człowiek – ale uczy się szybko i jest nad wyraz pojętnym stworzeniem. Ów fakt już sam w sobie wydaje się dość niesamowity, jednak pełnia tego zdumiewającego fenomenu objawia się, gdy uświadomimy sobie, że ośmiornice wylęgają się po śmierci rodziców, więc wszystkiego muszą uczyć się same metodą obserwacji, prób i błędów. Potrafią rozwiązywać problemy, z którymi nie radzi sobie pies albo małe dziecko. Umieją na przykład rozpoznawać symbole umieszczone na drzwiach, za którymi jest schowane jedzenie, nawet po zmianie kolejności ustawienia drzwi. Znane są również z tego, że na wolności wdrapują się na kutry rybackie, włamują do ładowni i kradną swój ulubiony przysmak, czyli kraby. Z kolei w niewoli potrafią wydostać się z teoretycznie zabezpieczonego akwarium i przepełznąć po posadzce do sąsiedniego zbiornika w poszukiwaniu pożywienia. Niektóre ośmiornice rozpoznają ludzi: w ramach eksperymentu naukowcy ubrali kilka osób dokładnie tak samo, lecz mimo to zwierzęta wciąż rozróżniały tych, których lubiły, od tych, do których czuły niechęć, w zależności od przywiązania zachowując się inaczej. Jak widać, ludzkie metody kamuflażu nie są w stanie oszukać stworzenia, które umie zmieniać kolor i fakturę własnej skóry, by zlać się z otoczeniem, a także posiada umiejętność komunikowania się z innymi przedstawicielami własnego gatunku.

Również ptaki przejawiają niezwykłe zdolności umysłowe, choć ich mózgi są znacznie mniejsze od naszych i różnią się od nich pod wieloma innymi względami. Niektóre papugi rozumieją ponad sto słów i poprawnie ich używają, a najinteligentniejsze ptaki można spotkać w rodzinie krukowatych. Posiadają one zdolność wielostopniowego rozumowania przyczynowo-skutkowego oraz przewidywania, cechuje je także elastyczność umysłu i wyobraźnia, zaś wszystkie te umiejętności wykorzystują do konstruowania i używania narzędzi, mentalnych podróży w czasie oraz złożonych działań, które świadczą o zachodzącym w ich mózgach procesie kognitywnym definiowanym jako poznanie społeczne. Na przykład w Japonii kruki żyjące na

terenach miejskich zrzucają orzechy w twardych łupinach na przejścia dla pieszych, gdyż na podstawie obserwacji wykoncypowały, że koła samochodów rozgniatają twarde skorupki, zaś w chwili, gdy auta przepuszczają pieszych, można bezpiecznie wylądować na ulicy i zabrać orzech. Kruki potrafią również wyczuć, że są obserwowane, i odmawiają współpracy z innymi ptakami, przez które zostały w przeszłości oszukane. A jednak krukowate, podobnie jak reszta ich skrzydlatych pobratymców, nie posiadają kory nowej (*neocortex*) – obszaru mózgu występującego u ludzi oraz innych ssaków, od dawna uznawanego za element kluczowy dla zaawansowanego funkcjonowania mentalnego. Oddzieliwszy się na drodze ewolucji od ssaków ponad trzysta milionów lat temu, ptaki wykształciły w swoim mózgu całe skupiska gęsto upakowanych neuronów, które dźwigają ciężar całej umysłowej roboty.

Co prawda niewiele ptasich rodzin dorównuje intelektem krukowatym, za to mózgi u całkiem sporej liczby innych gatunków potrafią przeprowadzać nieosiągalne dla człowieka operacje. Jak zauważa filozof i pisarz Charles Foster, kiedy jerzyk poluje na pszczoły, bierze na celownik pozbawione żądła trutnie, rozpoznając je gołym okiem w trakcie lotu z prędkością pięćdziesięciu pięciu kilometrów na godzinę. Snując rozważania na temat tempa egzystencji jerzyków, a także pokonywanych przez nie odległości, Foster dochodzi do wniosku, że „zachwyt bierze się z odpowiednio wysokiej złożoności obrazu" (sprowadzającej się do szczegółu i ostrości), zaś my, w porównaniu z tymi ptakami, „nawet przy największym wysiłku jesteśmy ślimakami".

Mózg ptaka śpiewającego ma jeszcze jedną przewagę nad ludzkim mózgiem. Szpaki i słowiki potrafią wydobyć ze swoich gardeł i powtórzyć około sześćdziesięciu różnych melodii z szybkością oraz precyzją nieosiągalną, a nawet niesłyszalną dla człowieka. Strzyżyki są w stanie wyśpiewać ponad sto różnych nut w ciągu zaledwie ośmiu sekund. Przedrzeźniacz umie naśladować przeszło setkę ptasich treli

oraz innych odgłosów, a także odtworzyć dwadzieścia z nich w ciągu minuty. Dokonuje tego za pomocą złożonego systemu siedmiu par mięśni w **krtani dolnej**[153], w której dwie błony wibrują niezależnie od siebie, dzięki czemu wytwarzają równocześnie dwie różne, harmonicznie niepowiązane nuty, zmieniając ich głośność oraz częstotliwość, co w efekcie prowadzi do powstania jednych z najbardziej złożonych akustycznie dźwięków w świecie przyrody. A całym tym procesem zawiadują specjalnie do tego przeznaczone obszary jego maleńkiego mózgu.

Wielu z nas przywykło do myśli, że choć podstawowe elementy struktury mózgu są takie same zarówno u człowieka, jak i u pozostałych ssaków, to jednak jako że posiadamy wyjątkowo rozwiniętą korę, rzekomo osiągnęliśmy najwyższy poziom inteligencji w królestwie zwierząt. I tak na przykład, jak wykazały ostatnie badania, słonie zamieszkujące afrykańską sawannę mają co prawda około 257 miliardów neuronów, czyli niemal trzy razy więcej niż człowiek, ale prawie dziewięćdziesiąt osiem procent z nich znajduje się w móżdżku, a tylko 5,6 miliarda – w korze. Dla porównania ludzka kora mózgowa zawiera do 16 miliardów neuronów, które są znacznie gęściej upakowane niż u słonia, co usprawnia i przyspiesza ich współpracę. Podobnie większe mózgi delfinów i waleni (na przykład mózg kaszalota spermacetowego, który jest sześciokrotnie większy od ludzkiego) są często postrzegane raczej jako pochodna mocy przetwarzania danych potrzebnej do zawiadywania ciałem o znacznie większych gabarytach niż jako dowód ich nieprzeciętnych zdolności kognitywnych.

Jednak w rzeczywistości mamy do czynienia z o wiele bardziej zniuansowaną sytuacją. Słonie są wyposażone w większy i bardziej złożony hipokamp, tj. obszar związany z pamięcią i tworzeniem się wspomnień. Jeśli z kolei chodzi o walenie i delfiny, to chociaż ich kora mózgowa składa się jedynie z pięciu warstw (my mamy ich sześć), wiele wskazuje na to, że występujące u nich obficie komórki glejowe odgrywają istotną rolę w procesach poznawczych. Krótko mówiąc,

mózgi innych ssaków potrafią robić rzeczy, których nie potrafi ludzki mózg i vice versa. Mózg słonia kontroluje trąbę, za pomocą której zwierzę jest w stanie zerwać brzoskwinię, nie uszkadzając jej, albo zburzyć ścianę. Inicjuje i przetwarza sygnały umożliwiające jego właścicielowi komunikację z innymi przedstawicielami gatunku za pomocą dźwięków w ośmiu oktawach (u większości osób skala wynosi zaledwie trzy oktawy). Pozwala mu również unikać konfliktów z innymi słoniami. Mózg kaszalota spermacetowego przygotowuje całą skomplikowaną operację, jaką jest nurkowanie na głębokość przekraczającą półtora kilometra: zawiaduje tłoczeniem i dystrybucją krwi oraz tlenu, dzięki czemu kaszalot może przebywać pod wodą bez oddychania nawet dwie godziny, polując na kałamarnice olbrzymie w całkowitych ciemnościach. Lwią część swoich zasobów przeznacza na tworzenie, wykrywanie i analizowanie dźwięku, zarówno na niewielkich odległościach, jak i obszarach liczących setki kilometrów, co pozwala zwierzęciu nawigować po otwartym oceanie na przestrzeni tysięcy kilometrów, a także utrzymywać kontakt z krewnymi i przyjaciółmi przez dziesiątki lat.

U orek oraz innych gatunków z rodziny delfinowatych dwa rodzaje kory odpowiedzialne za przetwarzanie emocji – kora limbiczna i paralimbiczna – są znacznie bardziej wykształcone niż u ludzi, co może tłumaczyć tak silnie rozwinięte u nich więzi rodzinne oraz nieprawdopodobną wręcz umiejętność odczytywania ludzkich intencji. **Skłonność do zabawy**, **współczucie**, **wyrozumiałość** i **samokontrola**[154], którymi delfiny wykazują się nieraz wobec człowieka, to tylko jeden z przejawów ich zdolności umysłowych. Ludzie od wielu dziesięcioleci próbują opracować metodę komunikacji z butlonosami. Co ciekawe, w tym czasie delfiny nauczyły się nie tylko wykonywać nasze polecenia poprzez odczytywanie symboli i znaków, lecz także przekazywać nam swoje własne myśli. My niestety wciąż nie rozumiemy większości prowadzonych przez nie rozmów. Dopiero w 2016 roku naukowcy przedstawili dowody na to, że delfiny dyskutują

między sobą, kiedy mają do rozwiązania jakiś trudny problem, na przykład jak otworzyć pojemnik z jedzeniem. W przypadku słoni jednym z wielu niezwykłych aspektów ich inteligencji jest łagodność (do której przejawiają wyraźną skłonność, pod warunkiem że nikt ich nie krzywdzi) – oznaka dojrzałości i mądrości, cecha, której tak często nam, ludziom, brakuje.

Mając to wszystko na uwadze, nie powinniśmy lekceważyć siły umysłu innych zwierząt. Jak zauważa ekolog behawioralny Peter Tyack, nie ma sensu na siłę mierzyć inteligencji innych gatunków za pomocą skali liniowej zaprojektowanej dla człowieka. Z kolei radiolog i poeta Amit Majmudar podkreśla, że zwierzęta posiadają „nadludzkie zdolności umysłowe", z których korzystają na co dzień. „Na wielu polach prześcigają nas pod względem zarówno percepcyjnym, jak i fizycznym, ale my zupełnie tego nie doceniamy. Naszą jedyną prawdziwą przewagą jest zdolność do używania **narzędzi**[155], my naiwnie eksponujemy to jako wyznacznik naszej «rzeczywistej» wyższości nad innymi gatunkami".

Dopóty, dopóki pozostajemy ludźmi, sposób, w jaki wyrażamy i przetwarzamy uczucia, jest równie ważny jak metody, za pomocą których operujemy narzędziami. W książce zatytułowanej *Poza słowami. Co myślą i czują zwierzęta* Carl Safina na podstawie prowadzonych przez lata obserwacji opisuje życie słoni, wilków i orek (a także ludzi, którzy próbują je ocalić) i przedstawia niezbite dowody na to, że owe stworzenia doświadczają takiej samej gamy emocji jak my. „Wiele zwierząt odczuwa i okazuje strach, agresję, dobrostan, niepokój i przyjemność. To emocje powstające w tych samych strukturach mózgu i poprzez te same mechanizmy chemiczne wywodzące się z zamierzchłych czasów. To wspólne uczucia do odbierania wspólnego świata".

6. Nauka o mózgu przeszła bardzo długą drogę w bardzo krótkim czasie

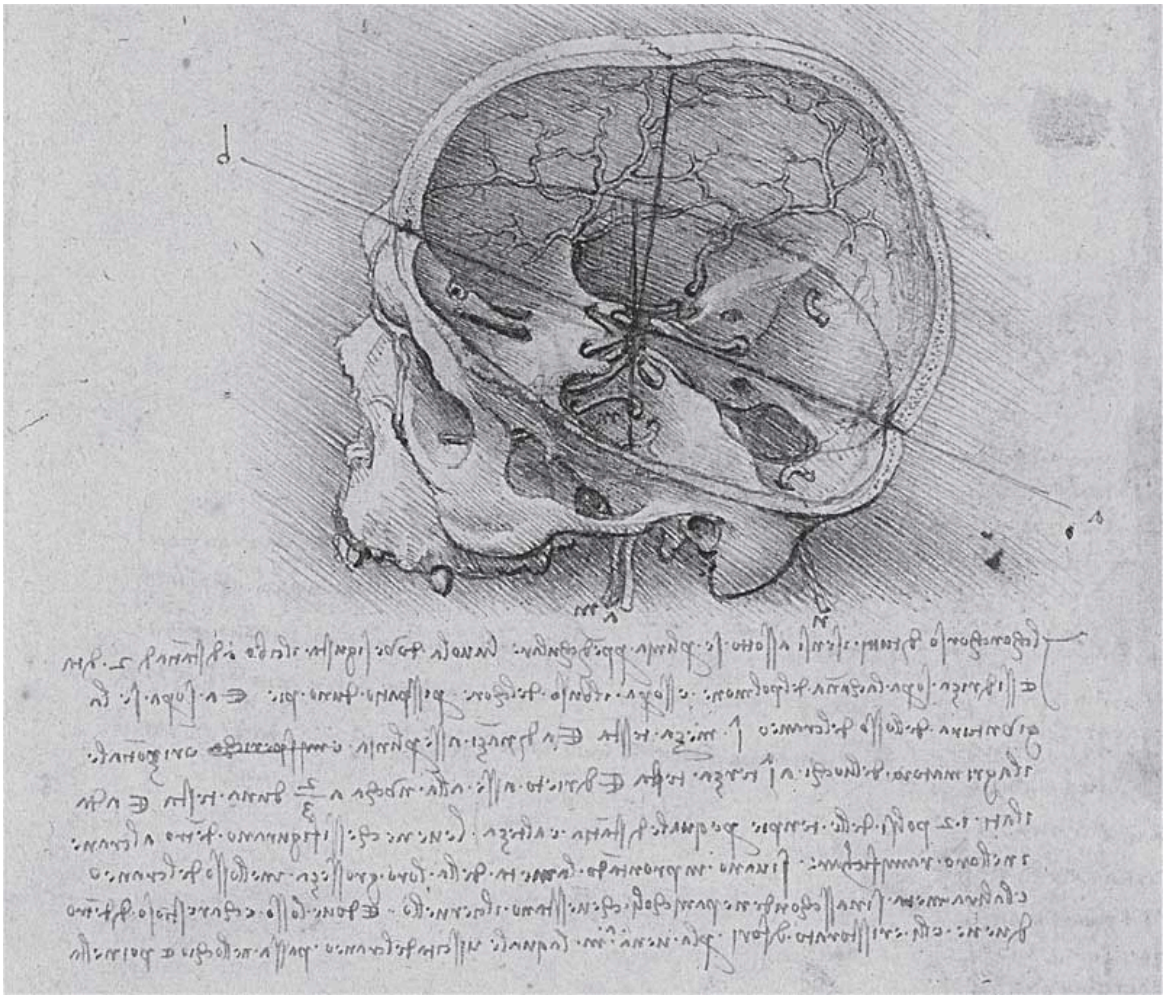
Ku uciesze chyba każdego ucznia starożytni Egipcjanie, uznając ludzki mózg za organ absolutnie nieprzydatny w życiu pozagrobowym, wyciągali go świeżemu trupowi przez nos za pomocą haka i wyrzucali, zanim przystąpili do mumifikacji zwłok. Mimo tych niezbyt obiecujących początków nauka o ludzkim mózgu poczyniła od tamtego czasu spore postępy.

Wedle źródeł historycznych grecki lekarz Hipokrates, urodzony w V wieku p.n.e., przynajmniej na Zachodzie jako pierwszy dowodził, że mózg to siedlisko myśli, emocji i wrażeń. Był to oczywiście krok we właściwym kierunku, zwłaszcza w kontekście podejścia Egipcjan, jednak przez długi czas wiedza w tej materii pozostawała mniej więcej na tym samym poziomie, głównie ze względu na szereg błędnych hipotez pojawiających się na przestrzeni wieków. Należący do kolejnego pokolenia Arystoteles twierdził, że głównym zadaniem mózgu jest schładzanie krwi. Cztery stulecia później Galen, zupełnie ignorując tkankową budowę mózgu, utrzymywał, że znajdujące się w środku trzy komory wypełnione płynem odpowiadają za zdolności umysłowe takie jak wyobraźnia, rozum i pamięć. Przez półtora tysiąca lat lekarze zarówno chrześcijańskiego, jak i muzułmańskiego świata w dużej mierze uznawali teorię Galena. Na początku lat dziewięćdziesiątych XV wieku Leonardo da Vinci zilustrował te jamy w formie baniek ulokowanych w jednym rzędzie tuż za oczodołami. Jego szkic nijak się miał do faktycznego kształtu komór i choć Leonardo już wcześniej rysował czaszkę oraz jej wnętrze z taką dbałością o szczegół, że uwzględnił nawet żyły i tętnice, nie istnieją żadne dowody wskazujące, że studiował anatomię samego mózgu z taką dociekliwością, z jaką w późniejszym okresie badał serce.

Również Kartezjusz w pierwszej połowie XVII wieku zasadniczo podzielał koncepcję Galena i opisywał mózg jako organ kontrolujący

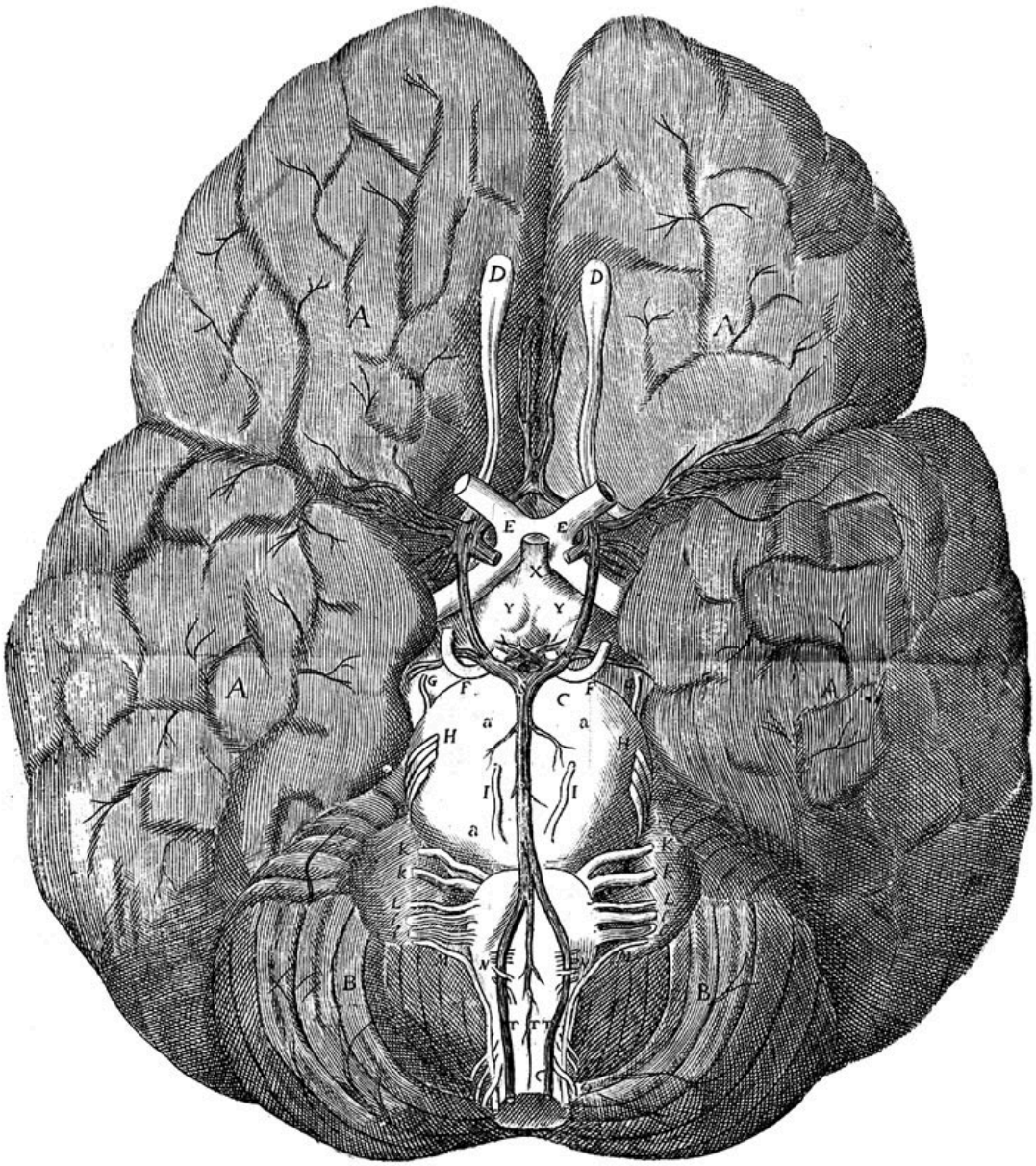
ruchy ciała poprzez pompowanie płynu z komór, który następnie płynął nerwami do innych narządów oraz kończyn. Ta iście hydrauliczna wizja może przywodzić na myśl steampunkowego mechanicznego słonia powstałego w ramach projektu Les Machines de l'île w Nantes. Filozof rozumiał wprawdzie, że dwie główne funkcje umysłu, mianowicie generowanie nieskończonej liczby myśli oraz umiejętność ich komunikowania, wykraczają daleko poza możliwości tego typu maszyny, ale i na to miał odpowiedź: tajemną siłą wywodzącą się spoza świata materialnego była dusza, która za siedzibę obrała sobie szyszynkę i stamtąd zawiadywała mózgiem.

Najważniejszego przełomu od czasów Hipokratesa dokonał Thomas Willis, oksfordzki lekarz działający w tym samym czasie co Kartezjusz. Metody, jakie stosowano wówczas do przeprowadzania sekcji mózgu, często powodowały jego uszkodzenie: zaczynano od rozłupania wierzchołka czaszki, niejednokrotnie deformując albo niszcząc znajdujący się wewnątrz narząd. Całą tę operację można by porównać do ciężkiego ciosu wymierzonego ugotowanemu na miękko jajku, w efekcie którego treść naszego śniadania tryska w powietrze i ląduje na naszej koszuli. Jednak Willis i jego współpracownicy zmienili taktykę: do wnętrza czaszki zamiast od góry dostali się od dołu i w całości wyciągnęli z niej nienaruszony mózg. Dzięki temu manewrowi zobaczyli go nie jako brejowatą masę przyklejoną do ścian czaszki, ale jako autonomiczny organ podzielony na wyraźne obszary.



Dokonując bardziej dokładnych oględzin, Willis zaobserwował, że dwie tętnice szyjne łączą się koliście u podstawy mózgu, zanim wejdą do jego wnętrza. Podczas eksperymentu, równie odkrywczego, choć znacznie mniej makabrycznego od tych przeprowadzanych czterdzieści lat wcześniej przez Williama Harveya na sercach psów, Willis otworzył szyję spaniela i podwiązał jedną z arterii. „W psie nie zaszła żadna zmiana – pisał angielski anatom. – Nadal wykazywał tę samą żywotność. I był tak daleki od okazania niezadowolenia za to, co mu zrobiono, że już po kwadransie uwolnił się i ruszył za doktorem [Willisem] do miasta, by towarzyszyć mu podczas wizyt domowych u pacjentów". Za sprawą struktury, którą odkrył – znanej dziś jako koło tętnicze Willisa – krew jest dostarczana do całego mózgu nawet w chwili, gdy część układu zostanie uszkodzona. Mniejsze, wychodzące

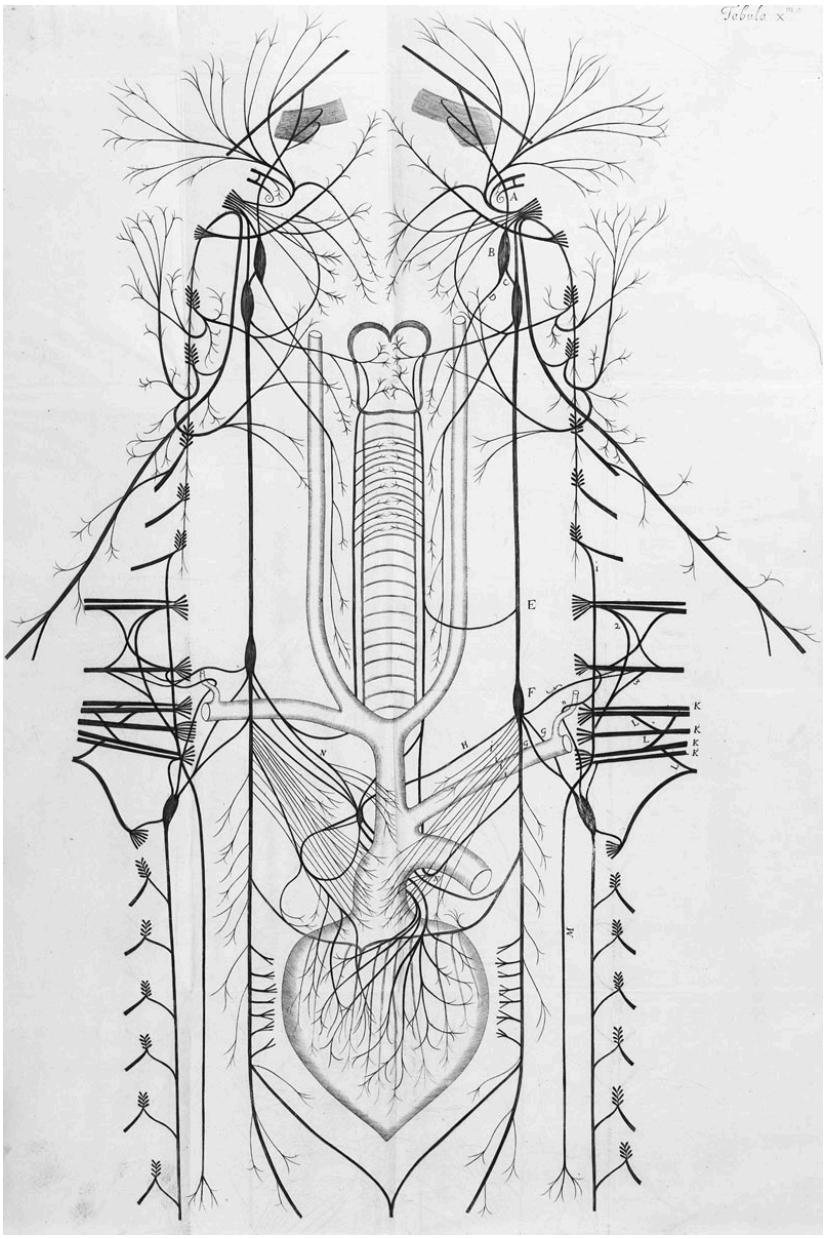
z koła tętnice rozpełzają się po całym mózgu „niczym wężowate rurki alembiku", rozprowadzając po nim substancję określoną przez Willisa mianem „chemicznej esencji" zwierzęcego ducha. Kiedy jednak wstrzyknął do tętnic barwnik, okazało się, że wcale nie trafił do komór. Wniosek był oczywisty: komory nie miały nic wspólnego z umysłem; były jedynie „misterną strukturą w wewnętrznych fałdach mózgu". Innymi słowy, Galen i przedstawiciele kolejnych pokoleń błędnie brali to, co było tłem, za pierwszy plan.



„Uzależniłem się od otwierania głów". Mózg widziany od dołu. Thomas Willis, 1664.

Zarzuciwszy dalsze badania nad komorami, Willis skupił się na tętnicach, co doprowadziło go do kolejnego wniosku: każdy z głównych obszarów mózgu jest zaopatrywany przez osobne naczynia, czyli każdy z nich pełni inną funkcję. Ale na tym nie koniec. Odkrył również pasma szarych struktur głęboko w mózgowiu, ciągnące się od pnia mózgu do

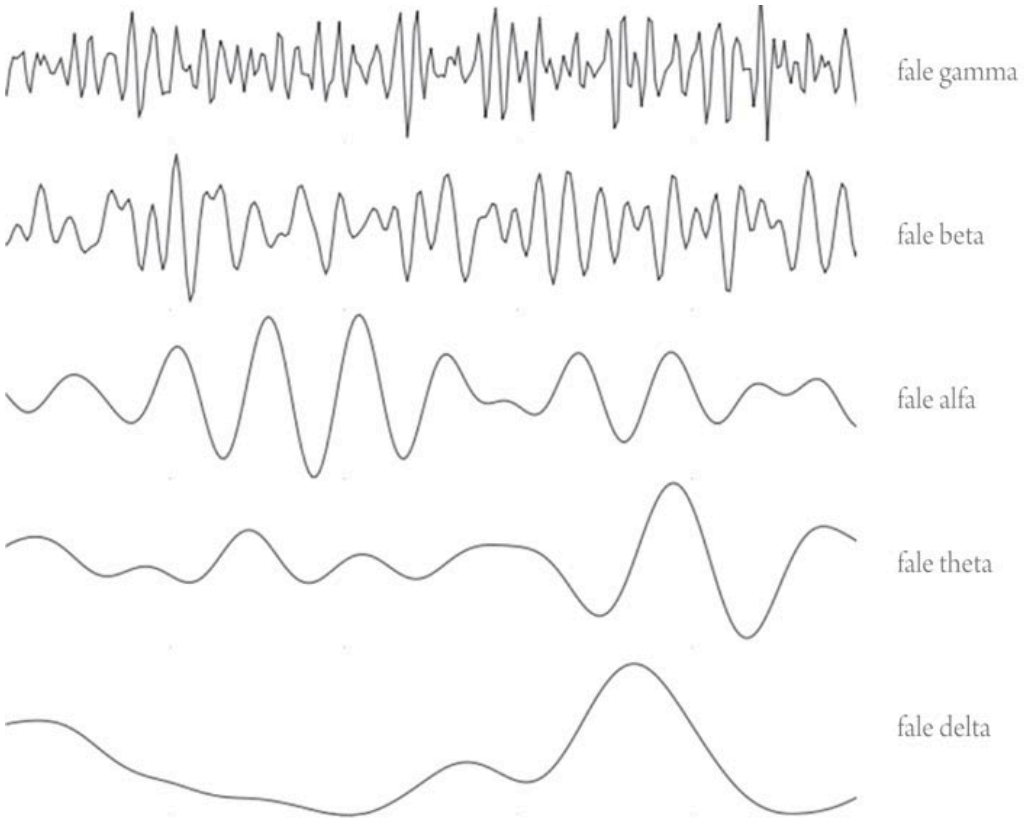
jego wyższych regionów. Prowadził także badania porównawcze, zestawiając ze sobą mózgi ludzi i zwierząt, na przykład ryb albo krów. Jak się okazało, u wszystkich występowały te same podstawowe elementy budowy: rdzeń przedłużony, móżdżek i kresomózgowie. Zaobserwowawszy, że to ostatnie jest większe u ludzi niż u innych ssaków, jak pies czy krowa, doszedł do wniosku, iż to właśnie kresomózgowie jest odpowiedzialne za nasze ponadprzeciętne zdolności umysłowe. Z kolei móżdżek ludzki i zwierzęcy okazał się prawie identyczny pod względem struktury, zaś jego względnie nieskomplikowana budowa doprowadziła Willisa do następującej konkluzji: móżdżek działa jak prosta maszyna, wytwarzając „**duchy**[156]”, które wędrują do serca oraz innych narządów bez żadnego nadzoru ze strony wyższych władz umysłowych. Angielski lekarz prześledził również trakt układu nerwowego, wiodącego od mózgu do wszystkich partii ciała. Zbadał szlak nerwów czaszkowych wychodzących z otworów w bokach czaszki i wędrujących aż do języka, krtani, warg, zębów i policzków. Przyjrzał się także trasie nerwu błędnego, którego cieniutkie rozgałęzienia oplatają serce i przeponę. Stworzone przez niego schematy przypominają mapy strumieni, rzek i zlewisk.



„Mapa” nerwów Willisa.

Willis odkrył cały nieznany dotąd świat, lecz „duchy” przenoszące sygnały z mózgu do ciała i z powrotem wciąż pozostawały tajemnicą – wyjaśnienie oksfordzkiego medyka było równie mętne co wizja systemu hydraulicznego Kartezjusza. Z dzisiejszej perspektywy pierwsze oznaki zrozumienia prawdziwej natury tych sił można dostrzec już w starożytnych sposobach leczenia. W I wieku n.e. nadworny lekarz rzymskiego cesarza Klaudiusza używał drętwy – gatunku elektrycznej

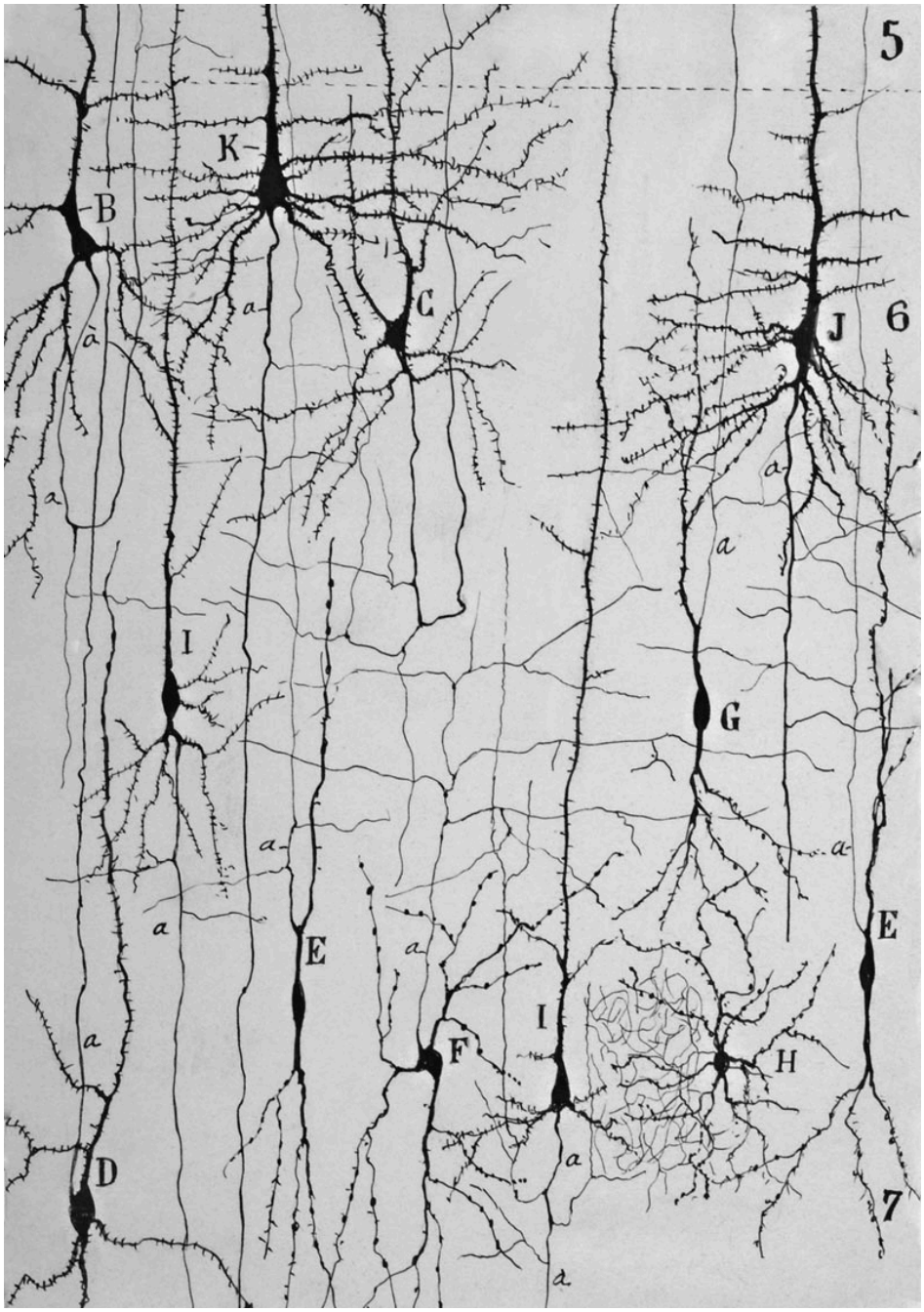
płaszczki, która może porazić prądem o napięciu 200 woltów – by złagodzić ból głowy. Nikt jednak nie miał pojęcia, dlaczego to działa, i dopiero pod koniec XVII wieku, przeszło sto lat po śmierci Willisa, uczeni zaczęli formułować koncepcję elektryczności jako odrębnego zjawiska naturalnego. Prowadząc zupełnie niezależne od siebie badania, Luigi Galvani i Alessandro Volta wykazali, że układ nerwowy działa za sprawą aktywności elektrycznej: odcięte nogi żaby poruszyły się pod wpływem kontaktu z prądem. (Inni przeprowadzali eksperymenty z użyciem elektryczności, by „wskrzeszać" trupy – rażone zwłoki dostawały drgawek, a nawet podnosiły się ze stołu, co świadków tych doświadczeń przyprawiało o dreszcze, zaś Mary Shelley ponoć zainspirowało do napisania *Frankensteina*). W drugiej połowie XIX wieku **Emil du Bois-Reymond**[157] wykazał, że nerwy oraz mięśnie same potrafią generować impulsy elektryczne. Na przestrzeni kolejnych dziesięcioleci naukowcy odkryli, że da się zmierzyć słabe sygnały elektryczne powstające w mózgu zwierzęcia podłączonego bezpośrednio do elektrod. W 1924 roku Hans Berger przeprowadził pierwsze badanie elektroencefalograficzne (EEG) ludzkiego mózgu z wykorzystaniem czujników umieszczonych na zewnątrz czaszki. Zarejestrowane przez niego „fale mózgowe" są efektem zsynchronizowanej aktywności ogromnej liczby neuronów w różnych obszarach mózgu. Następne odkrycia unaoczniły, że fale te występują w różnych częstotliwościach.



Fale mózgowe o najniższej częstotliwości, tj. fale delta o zakresie od 1 do 4 Hz, występują w stanie najgłębszego, pozbawionego marzeń sennych snu; fale theta – od 4 do 8 Hz – pojawiają się w trakcie płytkiego snu oraz medytacji; fale alfa (odkryte jako pierwsze) – od 8 do 13 Hz – są obecne, gdy znajdujemy się w stanie czuwania i jesteśmy zrelaksowani; fale beta – od 13 do 30 Hz – przynależą codziennej, w pełni świadomej aktywności; fale gamma – od 30 do 70 Hz (zbliżające się do dolnego krańca spektrum tonów instrumentów takich jak wiolonczela) towarzyszą działaniom językowym oraz przetwarzaniu myśli i wspomnień. „W ciągu każdego zwykłego dnia – pisze Marcus du Sautoy – nasz mózg zachowuje się niczym orkiestra grająca symfonię: przechodzi od szybkiego do wolnego tempa, od czasu do czasu wykonując scherzo, kiedy przychodzą nam do głowy nowe pomysły albo kiedy napotykamy nowe sytuacje".

Jednak fundamenty pod współczesną neurobiologię położył należący do poprzedniego pokolenia Santiago Ramón y Cajal. I choć nie był pierwszym naukowcem, który docenił rolę dopiero co odkrytych neuronów w funkcjonowaniu mózgu, posiłkując się techniką barwienia rozwiniętą przez Camilla Golgiego (z którym w 1906 roku dostał Nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny), badał je z niespotykaną

dotychczas dbałością o szczegół, a wyniki swoich obserwacji przelał na papier w postaci rysunków dorównujących kunsztem najlepszym szkicom anatomicznym Leonarda. Ramón y Cajal wykazał, że neurony są o wiele bardziej złożone i charakteryzują się znacznie wyższą różnorodnością kształtów niż inne typy komórek. Odkrył również, że pod względem zaawansowania strukturalnego pojedyncze neurony owadów wcale nie są gorsze od ludzkich komórek nerwowych, a czasem nawet je przewyższają, jednak u człowieka niektóre neurony komunikują się między sobą na znacznie większych odległościach, niż ma to miejsce w przypadku insektów. Na tej podstawie wywnioskował, iż nasze zdolności umysłowe nie zależą od specjalnych cech samych komórek, tylko od sposobu, w jaki te komórki są ze sobą połączone. Ten pogląd dał początek **doktrynie neuronalnej**[158], a także postrzeganiu procesu przetwarzania informacji, które po dziś dzień jest dominującym sposobem myślenia w badaniach nad mózgiem.



Podczas gdy Ramón y Cajal zgłębiał strukturę i organizację neuronów, inni naukowcy skupili się na ogólnej organizacji mózgu, w szczególności na związku pomiędzy wybranymi obszarami kory mózgowej a konkretnymi funkcjami. Czerpiąc pełnymi garściami z dokonań Paula Broki i Carla Wernickego, którzy w połowie XIX wieku zidentyfikowali regiony kory związane z językiem i mową, Korbinian

Brodmann przy wykorzystaniu metody barwienia Nissla dokonał podziału kory mózgowej na czterdzieści trzy oddzielne pola, do dziś stanowiące swego rodzaju przewodnik po odrębnych obszarach funkcyjnych mózgu.

Spośród wielu niezwykłych osiągnięć XX wieku na uwagę zasługuje pierwsza kompletna mapa sieci połączeń neuronalnych. W 1970 roku naukowcy z zespołu Sydneya Brennera pokroili mózg na tysiące ultracienkich plasterków i zaczęli je fotografować mikroskopem elektronowym. Każdy z fragmentów umieszczali na kropli wody, a następnie za pomocą ludzkiej rzęsy przyklejonej do wykałaczki ustawiali go w odpowiednim miejscu. Warstwy tak cienkie, że niemal niewidoczne gołym okiem, były szalenie delikatne i każde przypadkowe dotknięcie rzęsą kończyło się zniszczeniem próbki. Naukowcy ostrożnie muskali wodę wokół nich, by przesunąć je na właściwą pozycję. Po czternastu latach badań opublikowali wyniki w postaci kompletnego schematu połączeń neuronalnych. Artykuł miał czterysta czterdzieści sześć stron i ukazał się w najstarszym i najbardziej poważanym czasopiśmie naukowym „Philosophical Transactions of the Royal Society". Jednak w całym tym przedsięwzięciu był jeden mały haczyk: mózg będący przedmiotem badania nie należał ani do człowieka, ani nawet do myszy, tylko do robaka o długości niecałego milimetra. *C. elegans,* bo o nim mowa, to nicień zamieszkujący warstwę wody pomiędzy cząsteczkami gleby a rozkładającą się materią organiczną, który ma zaledwie 302 neurony (mniej niż 0,0000004 procenta liczby wszystkich komórek nerwowych u człowieka) i 9000 synaps (czyli 0,00000001 procenta tego co my). Przy tym samym tempie pracy sporządzenie pełnego schematu połączeń neuronalnych w ludzkim mózgu zajęłoby miliony lat i miliardy kartek.

Nowe, nieinwazyjne technologie obrazowania, które pojawiły się w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku, przyczyniły się do zrewolucjonizowania neurobiologii. Jedną z najbardziej przełomowych jest **funkcjonalne obrazowanie metodą rezonansu**

magnetycznego[159], f MRI, wykorzystujące silne magnesy do wykrywania zmian w przepływie krwi w mózgu pacjenta wystawionego na działanie rozmaitych bodźców: obrazów, dźwięków, myśli. Pobudzone obszary pojawiają się na ekranie w postaci kolorowych, jaskrawych plam. Jednak ta technika ma istotne ograniczenia. Z powodu opóźnienia obrazu względem bodźca różne zdarzenia neuronalne, które dzielą od siebie sekundy, mogą się ze sobą zlać w chwili, gdy na ekranie pojawia się pobudzony obszar. To poważna wada podczas badania narządu, który działa z prędkością mierzoną w milisekundach. Za pomocą funkcjonalnego rezonansu magnetycznego nie da się również zobaczyć, co tak naprawdę robią komórki mózgowe. Rejestruje jedynie aktywność w skali makro, wywołaną przez setki, a nawet tysiące neuronów, w efekcie czego podświetlony obszar może stanowić odzwierciedlenie ogromnej liczby procesów neuronalnych. Jednakże zważywszy na tak poważny brak precyzji, stosując metodę f MRI, udało się zdziałać naprawdę wiele.

Jednym z najnowszych osiągnięć jest atlas semantyczny mózgu, który w formie przypominającej kolorowy patchwork pokazuje, w jaki sposób znaczenia słów są rozdystrybuowane w różnych jego obszarach. Jak odkryli naukowcy, żaden region nie jest zarezerwowany dla konkretnego słowa lub pojęcia, a co za tym idzie, każdy z nich może się łączyć z kilkoma powiązanymi ze sobą wyrazami. Co więcej, jedno słowo może aktywować kilka miejsc jednocześnie. Wszystkie te punkty tworzą sieć semantyczną dla każdego używanego przez nas słowa. Wykorzystując te same dane, neuronaukowcy opracowują obecnie model mapy obrazującej rozmieszczenie informacji takich jak struktura narracyjna.

W pierwszych dekadach XXI wieku obserwujemy zakrojone na szeroką skalę wysiłki w dziedzinie mapowania mózgu, podejmowane w nadziei, że uda się odsłonić kolejne tajemnice, które kryje przed nami ten niesamowity narząd. Jednym ze źródeł inspiracji zachęcającym do podejmowania kolejnych prób jest sukces wcześniejszych podobnych

wielkich projektów. W 2000 roku, po dziesięciu latach międzynarodowej współpracy naukowcy z programu Human Genome Project (projekt poznania ludzkiego genomu) opublikowali wstępny szkic zawierający zestaw wszystkich genów w ludzkim organizmie. Ówczesny prezydent Stanów Zjednoczonych Bill Clinton nazwał go „najbardziej cudowną mapą stworzoną przez człowieka", która potencjalnie daje ogromne możliwości poprawy dobrostanu rodzaju ludzkiego. To osiągnięcie pociągnęło za sobą kolejne tego typu inicjatywy, jak choćby plan stworzenia mapy ludzkiego proteomu (tj. całego zestawu **białek**[160] stanowiącego odpowiednik genomu). W obliczu wszystkich tych przedsięwzięć naukowcy zaczęli apelować o podjęcie podobnych działań w dziedzinie badań nad mózgiem, zwłaszcza że od sporządzenia mapy „umysłu" *C. elegans* minęło dwadzieścia lat i od tego czasu zarówno wiedza, jak i metody obrazowania mózgu ogromnie się rozwinęły. Nic nie stało przecież na przeszkodzie, żeby sporządzić kompletną mapę sieci połączeń neuronalnych – tzw. konektom – najpierw u takich stosunkowo prostych zwierząt jak muszka owocówka, danio pręgowany i mysz, a potem u człowieka. Wychodząc od doktryny neuronalnej, neurobiolodzy dostrzegli analogię pomiędzy siecią połączeń nerwowych a schematem okablowania urządzenia elektronicznego lub komputera – funkcje oraz konkretne zachowania stanowią konsekwencję sposobu, w jaki poszczególne komponenty są ze sobą połączone. (Zdaniem wielu naukowców wadliwe „okablowanie" w mózgu jest przyczyną rozmaitych zaburzeń, na przykład autyzmu i schizofrenii. Mają nadzieję, że bardziej szczegółowe i precyzyjne mapy pomogą specjalistom w badaniu i leczeniu tych oraz innych chorób, jak alzheimer i parkinson).

Nowe technologie przyniosły niezwykłe efekty. Należy do nich na przykład metoda Brainbow. Przy użyciu fluorescencyjnych białek pozyskanych z meduz naukowcy stworzyli paletę około stu kolorów, za pomocą których mogli z niesłychaną precyzją oznaczyć poszczególne

neurony w mózgu myszy. Luminescencyjne, wielobarwne plamy widoczne na zdjęciach opublikowanych w 2007 roku mają w sobie coś z osobliwej aury obrazów Paula Klee – błyszczące kleksy przypominają liście spadające z gałęzi psychodelicznego drzewa wprost w jarzącą się fioletem międzygwiezdną przestrzeń. I choć praktyczne zastosowanie techniki Brainbow być może okaże się niewielkie, piękno tych obrazów mogło przyczynić się do wzrostu zainteresowania badaniami w tej dziedzinie.

W chwili gdy piszę te słowa, realizowanych jest ponad dwanaście projektów – zarówno publicznych, jak i prywatnych – z zakresu tworzenia neuronalnych map, atlasów oraz baz danych, których budżety ogółem pochłaniają miliardy dolarów. Jednym z zasługujących na szczególną uwagę jest Brain Activity Map Project amerykańskich Narodowych Instytutów Zdrowia, którego celem jest stworzenie na przestrzeni dziesięciu lat, począwszy od roku 2013, mapy zawierającej każdy neuron ludzkiego mózgu. Warto wspomnieć również o zainicjowanym przez Unię Europejską programie Human Brain Project, również przewidzianym na dziesięć lat, który projektowano przy założeniu, że w ciągu najbliższych dwóch dekad będzie możliwe stymulowanie ludzkiego mózgu za pomocą superkomputerów i który niestety niemal od samego początku napotyka rozliczne trudności. Sebastian Seung z Instytutu Neurobiologii uniwersytetu w Princeton zachęcił dziesiątki tysięcy „naukowców w cywilu", by dołączyli do *EyeWire*, gry online, w której gracze pomagają tworzyć mapę neuronów w siatkówce myszy. Z kolei autorzy opublikowanego w 2013 roku atlasu *BrainSpan*, który przedstawia cykl rozwojowy ludzkiego mózgu, odkryli, że dziewięćdziesiąt pięć procent genów wykazuje aktywność na etapie kształtowania się mózgu w okresie płodowym – czyli zdecydowanie więcej niż w dorosłym życiu – a także potwierdzili wcześniejsze przypuszczenia naukowców co do roli, jaką konkretne obszary odgrywają w rozwoju autyzmu (projekt ten został sfinansowany przez amerykański Narodowy Instytut Zdrowia Psychicznego). W 2014 roku badacze z Allen Institute for Brain Science, gdzie projekty z zakresu

mapowania mózgu prowadzone były już od dziesięciu lat, opublikowali szczegółowy atlas mózgu **myszy**[161] ukazujący połączenia pomiędzy dwustu dziewięćdziesięcioma pięcioma obszarami. Efekt pracy naukowców był rzeczywiście imponujący, lecz wciąż daleki od pełnego obrazu, zwłaszcza wziąwszy pod uwagę, że mózg myszy, zawierający zaledwie siedemdziesiąt jeden milionów neuronów, jest ponad dziesięć razy mniejszy od mózgu człowieka. Niemniej, o czym świadczy niezwykłe odkrycie z 2017 roku, które opisuję w kolejnej części tego rozdziału, tak skrupulatnie i mozolnie prowadzone badania zaczynają przynosić niezwykłe rezultaty.

Niektórzy naukowcy żywią nadzieję, że dzięki kompletnej mapie ludzkiego mózgu uda się zapisać i przechować esencję człowieka, a potem ją „odtworzyć", zapewniając mu tym samym nieśmiertelność. I choć taka wizja może się wydawać mało realna, przypomnijmy sobie przypadek Anny Bågenholm, która w 1999 roku w wyniku wypadku podczas jazdy na nartach wpadła do przeraźliwie zimnej wody i została uwięziona pod lodem. Jej serce przestało bić na ponad dwie godziny, a temperatura ciała spadła do 13,7°C. Według ogólnie przyjętej definicji była martwa. Ponieważ jednak jej mózg ochłodził się, zanim nastąpiło zatrzymanie akcji serca, na skutek czego potrzebował znacznie mniej tlenu niż w normalnych warunkach, nie doszło do jego uszkodzenia. Lekarzom udało się przywrócić krążenie i po jakimś czasie pacjentka prawie całkowicie powróciła do zdrowia. Skoro więc, argumentują naukowcy, mózg jest w stanie przetrwać praktycznie zupełny zastój, istnieją spore przesłanki ku wierze, że któregoś dnia da się go wskrzesić, a może nawet przekopiować kluczowe elementy jego architektury na inny nośnik.

Jednak są i tacy, którzy sceptycznie odnoszą się do nadziei pokładanych w mapowaniu mózgu, przynajmniej w najbliższej przyszłości, powołując się na Human Genome Project. Bo choć w efekcie powstała rzeczywiście niezwykła mapa, stanowi ona jedynie niewielki krok w kierunku pełnego zrozumienia i opisania tego, co

czyni nas ludźmi. W ramach projektu zidentyfikowano około dwudziestu tysięcy genów, wiemy jednak, że w naszym DNA istnieje co najmniej kilkaset tysięcy **przełączników**[162], które wchodzą w skomplikowane interakcje, włączając i wyłączając geny na różnych etapach, co ma kluczowe znaczenie dla rozwoju oraz funkcjonowania naszego organizmu. Wiele wskazuje na to, że organizacja całego mózgu jest równie złożona. Eve Marder, wybitna neurobiolożka, ostrzega: „jeśli chcemy zrozumieć mózg, konektom jest absolutnie konieczny, choć zupełnie niewystarczalny".

Tymczasem nowe techniki rzucają światło na miejsca, które jeszcze kilka lat temu pozostawały całkowicie poza naszym zasięgiem. W przypadku metody zwanej optogenetyką, którą na początku pierwszej dekady XXI wieku opracowali Gero Miesenböck i Karl Deisseroth wraz z zespołem neurobiologów, powyższe stwierdzenie można rozumieć dosłownie. Optogenetyka pozwala bowiem za pomocą lasera kontrolować aktywność neuronów wewnątrz mózgu żywego zwierzęcia – neurony rozświetlają się w momencie pobudzenia.

Początki optogenetyki są równie niesamowite co tkwiący w niej potencjał. Snując spekulacje na temat przyszłości neurobiologii, **Francis Crick**[163] w 1979 roku zastanawiał się, czy można zaprojektować narzędzie, które uruchamiałoby i zatrzymywało jedne neurony, pozostawiając inne zupełnie nietknięte. „Całkiem niewykluczone – pisał naukowiec – że biolodzy będą w stanie uzyskać wrażliwość konkretnych typów komórek na światło". Jak się okazało, kandydata już mieli. Na początku lat siedemdziesiątych XX wieku biochemik Dieter Oesterhelt opisał idealnie nadającą się do tego celu opsynę – światłoczułe białko występujące u bakterii, która rozwija się w słonych afrykańskich jeziorach, przekształcając światło w energię. Z początku nikomu nie przyszło do głowy, że geny tego mikroba mogą zostać wykorzystane, a ściślej rzecz ujmując, zmuszone do produkcji opsyny w mózgu ssaka. A jednak Miesenböck i Deisseroth wraz z zespołem współpracowników w końcu wpadli na ten pomysł i wcielili go w życie.

Christof Koch uznał optogenetykę za czwarty wielki przełom w dziedzinie neurobiologii obok metody barwienia komórek Golgiego i Ramóna y Cajala opracowanej pod koniec XIX wieku, wykorzystywania mikroelektrod, zapoczątkowanego w latach pięćdziesiątych XX wieku oraz pojawienia się f MRI w latach dziewięćdziesiątych. „Dzięki optogenetyce – stwierdza Koch – możliwa jest ingerencja w funkcjonowanie sieci mózgowej w subtelny, a jednocześnie celowy i ściśle określony sposób". Za pomocą tej techniki jesteśmy w stanie obserwować działanie mózgu na poziomie elementarnych komponentów leżących u podstaw wrażeń zmysłowych, pamięci, przemiany materii, głodu, snu, układu nagrody i motywacji. Co więcej, może się też okazać przydatna w leczeniu różnych chorób i zaburzeń. Obecnie prowadzone są eksperymenty kliniczne, które mają na celu opracowanie metody leczenia retinopatii barwnikowej, dziedzicznej, zwyrodnieniowej choroby oczu powodującej poważne zaburzenia widzenia.

Kolejnym dziełem Deisserotha jest tzw. metoda CLARITY, polegająca na zastąpieniu mętnego tłuszczu pomiędzy komórkami mózgowymi przezroczystym hydrożelem w sposób nienaruszający ułożenia neuronów. W efekcie otrzymujemy zdumiewająco przezroczysty, a jednocześnie zupełnie nietknięty mózg. Na nagraniach takich jak film opublikowany w 2013 roku przez czasopismo „Nature" widać, co do najdrobniejszego szczegółu, niesamowicie cienkie sieci komórek i włókien nerwowych w wyizolowanym i oczyszczonym mózgu myszy. Na czarnym tle poszczególne neurony żarzą się zielenią albo mienią różnymi kolorami w zależności od typu i funkcji, jaką pełnią. Cały ten obraz zachwyca pięknem i nadzwyczajną precyzją.

Jednak mamy przed sobą jeszcze wiele do odkrycia. Jedną z zagadek jest rola neuromodulatorów, tj. substancji chemicznych wytwarzanych przez komórki nerwowe. Nawet w obrębie stosunkowo nieskomplikowanego systemu około trzydziestu neuronów, które kontrolują pracę żołądka u krabów i homarów, mogą one wywoływać

poważne zmiany w funkcjonowaniu całego obwodu. Istnieje spore prawdopodobieństwo, że mechanizmy wykryte w żołądkach skorupiaków działają także w ludzkim mózgu, gdzie neuromodulatory oddziałują na znacznie większe systemy. Kolejnym przykładem są transpozony – przemieszczające się po genomie sekwencje DNA (tzw. skaczące geny), które w sposób losowy „wycinają się" i „wklejają" w nowe miejsca. Ich aktywność zaobserwowano u dorosłego człowieka w komórkach mózgowych rozwijających się z komórek macierzystych. Możliwe, że są odpowiedzialne za modyfikacje, których same geny nie byłyby w stanie wygenerować, mimo iż aż połowa z nich bierze udział w rozwoju zaledwie tych dwóch procent całego naszego organizmu. Jeśli faktycznie tak jest, oznaczałoby to, że ludzki mózg to swoista arena ewolucji w miniaturze, która u każdego człowieka przebiega inaczej.

Mózg z pewnością skrywa przed nami jeszcze wiele niespodzianek. Według niektórych naukowców popularny dziś model, który przedstawia mózg jako przetwarzający informacje procesor komputerowy, to całkowicie chybione porównanie, podobnie jak powszechne w poprzednich stuleciach metafory przyrównujące go do maszyny hydraulicznej lub mechanizmu zegarowego. Wielu z nich podkreśla, że choć udało się stworzyć kompletną mapę mózgu prostego organizmu, jakim jest *C. elegans*, wciąż nie rozumiemy wielu podstawowych reguł rządzących działaniem tego organu. Jak twierdzi Eric Kandel, laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny, którą otrzymał za zidentyfikowanie zmian chemicznych zachodzących w mózgu ślimaka morskiego w chwili, gdy zwierzę uczy się czegoś nowego, potrzeba jeszcze wielu dziesięcioleci, by zrozumieć mechanizmy funkcjonowania pamięci, natomiast zdaniem Kennetha Millera jeszcze więcej czasu może nam zająć rozpracowanie struktury połączeń neuronalnych.

7. Świadomość, choć wciąż zadziwia, skrywa przed nami coraz mniej tajemnic

Świadomość otacza swoista **aura**[164]. Fascynuje nas zarówno doświadczanie świata, jak i sam fakt, że możemy go doświadczać. „Gdyby [moja głowa] miała streścić w kilku słowach wszystko, co czyni ją tak bardzo niesamowitą – pisze lekarz i filozof Raymond Tallis – powiedziałaby, że zawiera w sobie świat". Bo istotnie w naszej świadomości zachodzi niezwykły proces tworzenia (albo odtwarzania). Wszystkie bodźce zmysłowe trafiają do mózgu w formie z grubsza jednorodnych strumieni impulsów generowanych przez łańcuchy neuronów, które działają na konkretnych szlakach, a przecież czujemy, że doświadczamy rzeczywistych promieni słońca połyskujących na wodzie, rzeczywistego dźwięku dalekich dzwonów, rzeczywistego dotyku wiatru na naszej skórze albo zapachu **palonego drewna**[165]. „Kogóż mógłby znużyć ten promieniujący jasnością akt przejścia z jednego stanu w drugi – pisze Annie Dillard – to wynurzanie się na powierzchnię świadomości i ponowne, całkiem rozmyślne zapadanie się w otchłań mentalnego niebytu, to podnoszenie się i opadanie kurtyny teatralnej? Kogóż mogłoby to męczyć, skoro suma tych chwil na granicy, świadome życie, o które tak drżymy, to wszystko, co mamy, to prezent w momencie rozpakowywania".

Zagadkę tego fenomenu często określa się mianem „trudnego problemu świadomości" albo, jak nazywają go co poniektórzy osobnicy obdarzeni wyjątkową wyobraźnią, „bardzo trudnego problemu świadomości". Autorem tego konceptu jest filozof David Chalmers, który po raz pierwszy użył owego sformułowania w 1995 roku, zadając pytanie, dlaczego w wyniku fizycznego przetwarzania informacji doświadczamy nieraz stanów będących przejawem bogatego życia wewnętrznego. Jednak istota problemu sięga co najmniej trzystu lat wstecz. Kartezjusz doszedł do wniosku, że jedyną rzeczą, której może być **absolutnie pewien**[166], jest jego świadomość: „Myślę, więc jestem".

A jednak zdawał sobie sprawę, że doświadczenie, które wedle jego mniemania istniało poza materią i czasem, mimo wszystko musiało być w jakiś sposób powiązane ze światem czysto materialnym. Z kolei matematyk i filozof Gottfried Leibniz uchwycił esencję problemu w 1714 roku, posługując się metaforą młyna wyposażonego w mechanizmy jak na tamte czasy zaawansowane technologicznie. „Przypuściwszy zaś, że istnieje maszyna, której budowa pozwala myśleć, czuć, miewać percepcję – pisał filozof – będzie ją sobie można wyobrazić powiększoną z zachowaniem tych samych proporcji, tak żeby można do niej wejść jak do młyna. Co założywszy, i oglądając ją od wewnątrz, znajdzie się tylko części popychające jedna drugą, a nigdy nic, co by wytłumaczyło jakąkolwiek percepcję".

Wiele pokoleń podejmowało próby rozwiązania tej zagadki, niestety z marnym skutkiem. W 1989 roku, pracując nad międzynarodowym słownikiem psychologicznym (*International Dictionary of Psychology*), psycholog Stuart Sutherland stwierdził, że „nie da się precyzyjnie określić ani tego, czym jest [świadomość], ani tego, co robi, ani nawet dlaczego wyewoluowała. I jak do tej pory nic wartościowego nie zostało napisane w tej materii". Filozof Evan Thompson wydaje się mniej kategoryczny w swoich sądach. Jak pisał w 2014 roku, świadomość nie poddaje się analizie, która sprawdza się w przypadku tak wielu innych zjawisk i pojęć, gdyż nie mamy możliwości wyjścia poza jej granice i zestawienia jej z czymkolwiek innym. **Nie sposób jej wyjaśnić**[167] na drodze innej niż empiria. „Dlatego najlepsze, co możemy zrobić, to posiłkować się analogiami i metaforami. I tak na przykład zgodnie z tradycją jogi hinduistycznej świadomość to j a s n o ś ć, gdyż niczym światło ma moc odsłaniania tego, co zakryte".

Jednak badania nad mózgiem prowadzone na przestrzeni ostatnich dwudziestu pięciu lat sugerują, że wcale nie musimy ograniczać się do metafor i analogii. Nawet jeśli wciąż nie potrafimy znaleźć odpowiedzi na szereg pytań, możemy przynajmniej mieć lepszy wgląd w to, co wiemy, i to, czego nie wiemy, na temat działania naszego umysłu. Tę

właśnie kwestię, zdaniem neurobiologa Anila Setha, powinniśmy nazwać „prawdziwym problemem świadomości".

Dzięki technikom obrazowania mózgu możemy obserwować, które neurony wykazują najwyższą aktywność, gdy znajdujemy się w stanie świadomości – zobaczyć, które trybiki Leibnizowskiego młyna najbardziej furkoczą – a co za tym idzie, stanowią, przynajmniej częściowo, „neuronalny korelat świadomości", jak określił to zjawisko Francis Crick. W przeważającej mierze neurony, o których mowa, znajdują się w konkretnych **obszarach kory**[168] mózgowej, gdzie liczba lokalnych połączeń znacznie przewyższa liczbę punktów wyjścia i wejścia do innych regionów, co świadczy o tym, że neurony te komunikują się między sobą o wiele intensywniej niż z narządami zmysłów oraz aparatem ruchowym (choć między nimi a ośrodkami emocji i pamięci występują dość silne połączenia). Wedle jednego z modeli – czerpiącego z koncepcji zaproponowanych przez Francisa Cricka i Christofa Kocha, którzy w latach dziewięćdziesiątych rozpoczęli pionierskie badania w tej dziedzinie – świadomość rodzi się w trakcie angażującej biliony synaps synchronizacji wielu z tych neuronów, które zgodnie oscylują i które jednocześnie znajdują się pod wpływem działania tworu siatkowego, wzgórza, hipokampu i układu limbicznego. Opublikowane w 2017 roku wyniki mapowania przeprowadzonego przez Kocha oraz innych naukowców z Allen Institute sugerują, że długodystansowe połączenia neuronalne również mogą odgrywać istotną rolę w tworzeniu się świadomości, umożliwiając symultaniczne doświadczanie różnych stanów na obszarze **całego mózgu**[169]. Badając układ nerwowy myszy, naukowcy odkryli trzy neurony o rozległych rozgałęzieniach, obejmujących większość obszarów mózgu; jeden z nich owija się wokół zewnętrznej warstwy obu półkul niczym korona cierniowa. Owe neurony biorą swój początek w cienkiej warstwie komórek zwanej przedmurzem (łac. *claustrum*) – obszar ten zdaniem Kocha stanowi „siedlisko" świadomości zarówno u myszy, jak i u ludzi.

W 1989 roku matematyk Roger Penrose wysunął tezę, że za pomocą prawideł fizyki klasycznej nie da się w pełni wyjaśnić, w jaki sposób mózg produkuje myśli oraz świadome przeżycia, w związku z czym w funkcjonowanie całego tego mechanizmu muszą być zaangażowane procesy kwantowe. Spekulacje Penrose'a spotkały się ze sporym zainteresowaniem ze strony świata nauki, jednak krytycy jego teorii wysuwali kontrargument, że podstawowe efekty mechaniki kwantowej, superpozycja kwantowa oraz stan splątany, w normalnych warunkach są wyjątkowo nietrwałe (stabilność uzyskują jedynie w bardzo niskich temperaturach). Neurofilozofka Patricia Churchland w następujących słowach podsumowała dominujący w środowisku badawczym pogląd: „Mówienie o koherencji kwantowej w mikrotubulach ma mniej więcej taką samą moc objaśniającą jak mówienie o magicznym pyle w synapsach".

Mimo to teoria efektów kwantowych w mózgu nie została całkowicie zarzucona przez poważnych naukowców, zaś w pierwszej dekadzie XXI wieku zyskała na wiarygodności, kiedy odkryto, że inne żywe organizmy z nich korzystają. Na przykład rośliny robią użytek z kwantowej natury fotonów (które rozprowadzają zgodnie z zasadami probabilistyki), by skuteczniej przeprowadzać fotosyntezę. Jak pisał fizyk Matthew Fisher w artykule opublikowanym w 2015 roku, nawet jeśli impulsy elektryczne pomiędzy neuronami w mózgu (całkiem szczegółowo opisane przez fizykę klasyczną) stanowią podstawę procesów myślowych i pamięciowych, ukryta warstwa kwantowa może determinować, przynajmniej do jakiegoś stopnia, ich aktywność oraz korelację.

Inne próby odpowiedzenia na pytanie o istotę świadomości odwołują się do informatologii. Jednym ze źródeł inspiracji jest teoria zintegrowanej informacji sformułowana przez Giulia Tononiego w 2008 roku. Zaobserwowawszy, że każda informacja, której jesteśmy świadomi, uobecnia się w naszym mózgu jako jedna, zintegrowana całość i że świadomy może być tylko pojedynczy, wewnętrznie spójny

byt wyposażony w bogaty repertuar wysoce zróżnicowanych stanów, Tononi uznał, iż świadomość da się wyrazić za pomocą wzorów matematycznych. Jego zdaniem zasadniczo da się ją zmierzyć, zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym, choć przeprowadzenie takich obliczeń, przynajmniej na razie, może przedstawiać ogromne trudności.

Z perspektywy laika powyższe teorie mogą wydawać się zawiłe, jeśli nie całkowicie niezrozumiałe. Dlatego warto zwrócić się ku mniej syntetycznemu podejściu, którego zwolennicy nie próbują wyjaśniać całego problemu. Na przykład Michael Graziano zachęca nas do postrzegania świadomości jako reprezentacji uwagi. Uwaga – w obrębie której pewne sygnały neuronalne są wzmacniane kosztem innych – to całkiem dogłębnie zbadane zjawisko mechanistyczne, które można zmierzyć wewnątrz mózgów zwierząt, a nawet zapisać na chipie. A jeśli świadomość, pozostająca w ścisłym związku z przytomnością umysłu, to jedynie zniekształcona wykładnia uwagi? Jak sugeruje Graziano, być może sprowadza się ona do uproszczonej rekonstrukcji, porównywalnej do schematycznego planu miasta: nieścisłego w sensie fizycznym, lecz mimo to wciąż przydatnego w prognozowaniu, planowaniu i przeprowadzaniu symulacji.

Podążając tym tropem, neurobiolog kognitywny Stanislas Dehaene próbuje charakteryzować świadomość zgodnie z jej funkcją. Zdaniem naukowca jest ona nieproporcjonalnie wręcz otwarta, a jednocześnie działa wyjątkowo selektywnie: **wybiera**[170], wzmacnia i przyznaje pierwszeństwo myślom, które pomagają człowiekowi w przetrwaniu i rozwoju. Dzięki niej jesteśmy w stanie bardzo długo przechowywać istotne dane i przekazywać je dalej, by mogły zostać wykorzystane w innych procesach mentalnych. To zapewnia nam ogromną elastyczność i pozwala czerpać ze wszystkich płynących z niej korzyści.

Ale by zrozumieć rządzące nią mechanizmy, dodaje Dehaene, musimy również zajrzeć pod maskę, bowiem świadomość unosi się na tafli oceanu przedświadomości i nieświadomości, wewnątrz których

zachodzą procesy odpowiedzialne za ogromną liczbę zadań integracyjnych niezbędnych dla ciągłości naszej egzystencji, od monitorowania i kontrolowania podstawowych funkcji życiowych po przetwarzanie złożonych bodźców zewnętrznych. Informacje trafiające do naszej świadomości przechodzą wcześniej skomplikowane strukturalnie sito w postaci uwagi, która wybiera je z nieprzebranych zasobów podlegających przedświadomym i nieświadomym procesom mentalnym. Mózg w sposób bezwzględny odrzuca nieistotne informacje i wyodrębnia pojedynczy obiekt albo całą grupę obiektów, kierując się stopniem ich przydatności i istotności dla bieżącego celu. Klasycznym przykładem jest tzw. efekt cocktail party, kiedy pośród głośnych rozmów jesteśmy w stanie nagle wyłapać nasze imię wypowiadane przez kogoś, z kim wcale nie prowadzimy w danym momencie konwersacji. Związek pomiędzy polisensorycznymi informacjami a znaczeniem zachodzi w naszym mózgu nieświadomie (nie mamy na przykład wglądu w to, na jakiej zasadzie znak wywołuje znaczenie), a my zupełnie nie zdajemy sobie sprawy z tego, jak wiele procesów związanych z widzeniem, językiem i uwagą zachodzi poza naszą świadomością. „Notorycznie **przeceniamy naszą świadomość**[171] – mówi Dehaene – mimo iż jesteśmy świadomi rażących w niej luk".

Maleńki, skrzący się fragment

Niektórzy wątpią, że świadomość to „tylko" emergentna cecha mózgu. Jak dowodzą, przyroda nie rozwija się skokowo, dlatego nie ma w niej miejsca na sytuację, w której coś, co nie posiada świadomości, nagle ją zyskuje. Co najmniej jeden wybitny naukowiec, Christof Koch, przyjął pewną wersję tej koncepcji sugerującą, że świadomość to podstawowa cecha materii.

Owa idea, określana nieraz mianem panpsychizmu, rzeczywiście może wydawać się pociągająca. Podobnie jak w przypadku filozofii Barucha Spinozy, wedle której Bóg jest tożsamy z przyrodą, jest to

wizja, która zdaje się łączyć ze sobą wszystko. Jak twierdzi filozof Galen Strawson, świadomość naszej **głębokiej ignorancji**[172] w kwestii natury materii powinna być dla nas sygnałem ostrzegawczym, że nie należy z góry odrzucać tego typu idei. Cytując W.H. Audena, Strawson konstatuje: „Miłość, jak Materia, jest dużo dziwniejsza, niż nam się wydaje". Jak z kolei zauważa filozof Philip Goff: „jedyne, co wiemy o wewnętrznej naturze materii, to że część z niej – ta w mózgu – wiąże się z doświadczeniem".

Tak czy inaczej, nie ulega wątpliwości, że prawdziwa natura materii (tak samo zresztą jak i całego wszechświata) wciąż pozostaje poza granicami naszego rozumienia. Przy obecnym poziomie wiedzy fizycy są w stanie powiedzieć nam tyle, że świat jest dziwny: funkcja falowa w mechanice kwantowej nie poddaje się jednoczesnemu pomiarowi położenia i prędkości cząstki elementarnej, można je określić jedynie za pomocą prawdopodobieństwa. To samo dotyczy ładunku elektrycznego, energii i spinu. Co więcej, cząstki elementarne znikają i wyłaniają się z niebytu, a do ich splątania kwantowego mimo dzielącej je odległości dochodzi natychmiast, wbrew ograniczeniom wynikającym z nieprzekraczalnej bariery prędkości światła.

Pod koniec życia Richarda Feynmana ponoć nurtowało pytanie, czy cząstki takie jak elektrony tworzące chmurę wokół jądra atomowego potrafią „myśleć". Kwintesencja owego dylematu została już zasygnalizowana przez greckiego filozofa Parmenidesa, który twierdził, że myśleć i być to jedno i to samo. Być może więc, jak pisała Wisława Szymborska w wierszu *Rozmowa z kamieniem*, nawet najmniejsze fragmenty skał **rozpiera śmiech**[173].

Możliwe jednak, że zwolennicy panpsychizmu łączą pojęcia mające ze sobą niewiele wspólnego. Owszem, materia jest czymś cudownym i osobliwym, lecz niekoniecznie musi to oznaczać, że ma świadomość w sensie, w jakim przypisujemy ją sobie czy innym zwierzętom. Może raczej z pewnych konfiguracji materii i energii wyłania się coś zupełnie nowego, nawet mózg (a może coś więcej). Może świadomość pojawia

się w jednym z tych punktów zwrotnych w świecie przyrody – analogicznym do sytuacji, w której gotująca woda zmienia stan skupienia i staje się gazem albo ruch naładowanych cząsteczek wywołuje fale elektromagnetyczne – gdy rodzi się coś innego lub nawet całkowicie nowego. Czy nie mogłoby istnieć pole świadomości aktywowane przez krytyczny stan materii na tej samej zasadzie co **pole Higgsa**[174] nadające materii masę? „To brzmi jak szalony pomysł – stwierdza matematyk Marcus du Sautoy – jednak by uporać się z tak niepewnym, mętnym wręcz konceptem [jak świadomość], potrzebujemy szalonych pomysłów".

Niezależnie od tego, jak jest naprawdę, ludzie czasami postrzegają świat jako ś w i a d o m y byt albo jako element świadomości. Jak powiadał Dōgen, trzynastowieczny mistrz zen, „płot, ściana, dachówka i kamień" również są „umysłem" (ש, *shin*). Siedemset lat później filozof Maurice Merleau-Ponty zacytował w swojej książce *Oko i umysł* słowa malarza André Marchanda: „W lesie wiele razy czułem, że to nie ja patrzę na las. Zdarzały się dni, gdy czułem, że to drzewa patrzą na mnie, mówią do mnie. [...] A ja, tam, słuchałem". Podobne odczucia w kontekście prowadzonych przez wiele lat obserwacji krajobrazu Arktyki opisał autor książek przyrodniczych Barry Lopez: „Należy zaczekać na moment, kiedy wzgórze, staw górski albo wydma przestanie być elementem scenerii i stanie się bytem, który czuje naszą obecność".

Nie trzeba jednak aż takiego radykalizmu, by nie uznać za „siedzibę" świadomości tylko nasz mózg. „Wydaje nam się [...], że świadomość mieści się w naszej głowie – mówi psycholog Riccardo Manzotti – jednak żadne z odkryć w tej dziedzinie nie daje nam stuprocentowej gwarancji". Weźmy na przykład takie jabłko. „A co, jeśli jabłko samo w sobie jest doświadczeniem? – pyta naukowiec. – W końcu jabłko to najbardziej jabłkowata rzecz na świecie i jako jedyne wykazuje cechy charakterystyczne dla doświadczenia jabłka. Jest okrągłe, jest czerwone, jest błyszczące. Dlaczego więc podmiot, czyli świadomość, nie może być tożsamy z przedmiotem, czyli jabłkiem, w miejscu jego obecności?"

Świadomość, jak przekonuje Manzotti, nie przejawia się w postrzeganiu jabłka, świadomość *jest* jabłkiem, albo przynajmniej **relacją**[175] pomiędzy mną a jabłkiem.

Nasze poglądy mogą się od siebie różnić, ale chyba wszyscy zgodzimy się co do tego, jak ważne jest koncentrowanie uwagi na otaczającej nas rzeczywistości w sposób intensywny i zaangażowany. Jednak może wyjść nam to na dobre tylko pod warunkiem, że, jak twierdził Einstein, nasze poczucie oddzielenia od reszty wszechświata to jedynie optyczne złudzenie świadomości. Bo jednym z najważniejszych wyzwań, przed którymi stoimy, jest niewątpliwie potrzeba rozwijania świadomości godnej złożoności i piękna całego stworzenia.

W cieplejsze miesiące drzwi do szopy, w której piszę, są zazwyczaj otwarte. Na zewnątrz słychać śpiew ptaków, który wypełnia mój maleńki ogród, sączy się między gałęziami drzew sąsiadów i niesie się po całej okolicy, sprawiając, że świat nabiera kolorów. Czasami, gdy jestem głęboko zatopiony w myślach, jakiś **strzyżyk**[176] śmignie przed drzwiami, robi to jednak zbyt szybko, bym mógł świadomie zarejestrować jego ruch. Dopiero po chwili, gdy mój mózg zrekonstruuje ten moment, w pełni objawia mi się lot tego maleńkiego ptaka.

5

KRAWĘDŹ HORYZONTU

Jaźń

[...] Taki już los ludzkich rodów jak losy nietrwałych liści –
jedne na ziemię wiatr zrzuca liście, a inne wydaje
rozkwitający las, kiedy zbliża się pora wiosenna.

Homer, *Iliada*

Życie [...] wszystkim daje wszystko,
lecz większość o tym nie wie.

Jorge Luis Borges, *Undr*

Jakże piękna potrafi być istota ludzka!

Caetano Veloso

Obraz *Trzy okresy życia* Tycjana, namalowany w 1514 roku, dokładnie w czasie powstawania *Melancholii I* Dürera, to zmysłowe i barwne dzieło. Z niemal zupełnie nagich postaci przedstawionych na tle arkadyjskiego krajobrazu skąpanego w głębokich zieleniach i błękitach emanuje energia i witalność. Jednak przesłanie malowidła, proste w swojej wymowie, nie pozostawia wątpliwości: człowiek rodzi się, dorasta i rozwija, a potem starzeje się

i umiera. Oczywiście pod względem szczegółów życie, i to każde, jest znacznie bardziej skomplikowane. Począwszy od poziomu komórkowego, na najbardziej złożonych procesach myślowych i emocjonalnych skończywszy, w każdej chwili różne części naszego organizmu rodzą się, rozwijają i umierają. Ale wciąż ogólna koncepcja trzech etapów egzystencji, której początki sięgają daleko w przeszłość i która występuje w różnych formach – dobrym przykładem może być choćby **zagadka Sfinksa**[177] – zawiera w sobie uniwersalną prawdę. Łuk biegu życia przypomina trajektorię dnia, na której każdy z nas ma swój poranek, swoje południe i swój wieczór. W tym rozdziale podejmuję próbę prześledzenia tego łuku, eksplorując cud, jakim jest sama egzystencja, i przyglądając się, jak na przestrzeni całego naszego życia ów cud się zmienia.

1. Poranek

Dobrze wiedzieć, że człowiek może zarobić na życie, badając śmiech niemowląt. Kiedy spotkałem się z Casparem Addymanem, psychologiem oraz, jak sam siebie określa, infantologiem wykładającym na Uniwersytecie Londyńskim, oczarował mnie niezwykłym urokiem osobistym. Ma włosy koloru turkusowego i lubi cytować muzyka Victora Borgego: „Śmiech to najkrótsza odległość między dwojgiem ludzi". Zupełnie otwarcie przyznaje, że niektóre z jego odkryć są oczywiste. Na przykład to, że dzieci najpierw się śmieją, a dopiero potem zaczynają mówić. Co jednak już mniej ewidentne, jak sugeruje naukowiec, niemowlęcy śmiech, przynajmniej w pewnym sensie, stanowi przeciwieństwo płaczu – to mniej więcej tak, jakby dziecko mówiło: „hej, to jest fajne, chcę jeszcze" – przez co ta reakcja odgrywa kluczową rolę w budowaniu ogólnego dobrostanu nie tylko dziecka, ale też jego opiekunów. Addyman podkreśla, że badania prowadzone przez niego oraz innych psychologów wiodą ku prawdziwie zaskakującym wnioskom, a jednocześnie stanowią poważny krok na drodze do

głębszego zrozumienia kwestii, które dotychczas pozostawały w sferze intuicyjnych przypuszczeń i domysłów.

Dopiero niedawno naukowcy zaczęli zdawać sobie sprawę ze skali zaprogramowania na zabawę, do której człowiek przystosowuje się już od samego początku swojej egzystencji. Jak wykazują badania USG, płód „ćwiczy" uśmiechanie i śmianie się (a także płacz) w łonie matki. Ogólnoświatowy eksperyment przeprowadzony przez Addymana i jego współpracowników wykazał, że prawie wszystkie niemowlęta, i to na każdej szerokości geograficznej, uśmiechają się już w pierwszych trzech miesiącach życia. W okresie od dwóch do czterech miesięcy większość zdrowych dzieci opanowuje wykonywanie uśmiechu towarzyskiego, który angażuje rodzica i jest nastawiony na uzyskanie reakcji z jego strony. Z kolei śmiech pojawia się u niemowląt mniej więcej w trzecim miesiącu. Według badania Addymana zabawa w „a kuku!" to najbardziej popularny sposób wywoływania śmiechu u dzieci na całym świecie. Sprawdza się w pierwszych latach życia, aczkolwiek z wiekiem staje się coraz bardziej wyrafinowana. Przez pierwsze pół roku niemowlę jest szczerze zaskoczone za każdym razem, gdy ponownie widzi twarz rodzica. Potem uczy się przewidywać i cieszy się, gdy jego oczekiwania się sprawdzają. W okresie wczesnego dzieciństwa maluch zaczyna zdawać sobie sprawę, że sam może **rozśmieszyć**[178] rodziców i innych opiekunów, co na osi rozwoju zbiega się z narodzinami poczucia własnej tożsamości. Dzieci często inicjują zabawę, żeby sprawić nam przyjemność, choć to także okres, w którym pojawiają się pierwsze napady złości. Jednakże, jak podkreśla Addyman, niezależnie od tych przemian podstawowy mechanizm pozostaje ten sam: wszystko opiera się na kontakcie wzrokowym – na czystej interakcji społecznej, sprowadzonej do najbardziej podstawowych elementów.

Jak twierdził Sigmund Freud, śmiech niemowląt to w przeważającej mierze jedna z form *Schadenfreude*, czyli radości płynącej z nieszczęścia, które spotyka innych. Jednak, jak przekonuje Addyman, Freud się mylił, czego dowodzą wyniki wszystkich badań z tego zakresu: małe dzieci,

a nawet niemowlęta są empatyczne i zachowują się w sposób moralny. Potrafią na przykład utożsamić się uczuciowo z kimś, kto cierpi: słysząc płacz innych dzieci, same zaczynają płakać, a widząc kogoś smutnego, głaszczą go albo dają mu własną zabawkę.

Psychologowie udowodnili, że dzieci wyraźnie wolą przebywać w obecności życzliwych im osób i szybciej się uczą, jeśli ich rodzice i inni opiekunowie często się śmieją. Addyman dodaje, że w odwrotną stronę też to działa: radosne dzieci zachęcają dorosłych, by ich uczyli rzeczy, które je interesują. Tak czy owak, niezależnie od kierunku oddziaływania najważniejsze wydaje się sprzyjanie śmiechu interakcji i kooperacji. Żarty też odgrywają ważną rolę – co więcej, zarówno dorośli, jak i dzieci częściej się śmieją w towarzystwie niż samotnie – jednak stanowią one element drugorzędny względem prawdziwego celu zabawy, którym jest budowanie silniejszych więzi i wspomaganie procesu uczenia. W dodatku, przy całym naukowym i społecznym potencjale badań prowadzonych przez zespół Addymana, wszyscy zaangażowani mają z tego niezłą frajdę: „podłączamy niemowlęta do kardiomonitorów i sprawdzamy, co się dzieje, gdy je łaskoczemy". Wiele wskazuje na to, że łaskotanie to jedna z tych form dotyku, które, obok przytulania, są nieodzownym elementem prawidłowego rozwoju dziecka.

Od czasu naszego spotkania Addyman oraz inni psychologowie we współpracy z kompozytorką Imogen Heap stworzyli utwór, którego zadaniem jest zapewnienie dziecku maksymalnej dawki przyjemności. Na grupie maluchów przetestowali różne próbki melodii i dźwięków, a także poprosili tysiące rodziców, by zagłosowali na najgłupsze dźwięki wprawiające ich pociechy w zadowolenie: w pierwszej dziesiątce znalazły się „a kuku" (66%), parskanie (57%), kichanie (51%), odgłosy wydawane przez zwierzęta (23%) oraz dziecięcy śmiech (28%). Cmokanie i inne tego typu „wybuchowe" dźwięki również wywoływały radość. W efekcie powstała piosenka zatytułowana *Happy Song*, której główne cechy charakterystyczne to: tonacja durowa, sto sześćdziesiąt

trzy uderzenia na minutę, prosta melodia z powtarzającymi się motywami, werble, zmiany tonacji i glissanda budujące przestrzeń dla antycypacji i zaskoczenia oraz łatwo zapadający w pamięć refren.

Ten, kto szuka nadziei dla ludzkości, może czerpać ze źródła, jakim są dzieci. Jednocześnie po spędzeniu pewnego czasu w ich towarzystwie wiadomo, że bycie małym człowiekiem to niełatwe zadanie, tak samo jak sprawowanie nad nim opieki. Zdaniem psycholożki Alison Gopnik, żeby naprawdę zrozumieć, w jaki sposób niemowlęta doświadczają świata, należałoby wypalić cztery paczki papierosów i wypić cztery podwójne espresso albo pojechać do Paryża i się zakochać. To (podobno) niesamowity stan, tylko że wliczone w koszta jest też budzenie się z płaczem o trzeciej nad ranem. Po prostu chodzi o to, że dziecko interesuje się wszystkim w równej mierze i dosłownie każda rzecz wprawia je w stan absolutnego zdumienia. Dorosły człowiek ma podobne hiperodczucia po zażyciu niektórych narkotyków, w trakcie egzotycznej podróży albo z powodu miłosnego upojenia. W kontekście wczesnego dzieciństwa Gopnik serwuje nam jeszcze jedno porównanie: być niemowlakiem to jak być całkowicie pochłoniętym wciągającym filmem – nie mamy nad niczym kontroli, niczego nie planujemy świadomie i odnosimy wrażenie, jakby nasze „ja" zupełnie gdzieś zniknęło, a mimo to całą akcję nasz umysł odbiera bardzo wyraźnie.

Bywa też i tak, że mentalny świat niemowlęcia czasami przypomina **psychodeliczny odlot**[179]. Zespół naukowców pod kierownictwem Robina Carharta-Harrisa z Imperial College London, badając wpływ psylocybiny – aktywnego związku chemicznego występującego naturalnie w halucynogennych grzybach – na stany świadomości u osób dorosłych, wykazał, że dezaktywuje poszczególne „ośrodki" w mózgu (głównie tylną część kory zakrętu obręczy oraz środkową korę przedczołową). Redukuje w ten sposób liczbę długodystansowych połączeń pomiędzy różnymi obszarami. Każdy z tych ośrodków, jak tłumaczy Carhart-Harris, można porównać do dyrygenta orkiestry;

kiedy pojawia się psylocybina, dyrygenci opuszczają salę. Według relacji osób biorących udział w badaniach ten związek chemiczny sprawia, że mają poczucie, jakby stapiali się z otoczeniem w jedną całość. Jak gdyby ich mózgi i umysły cofały się do wcześniejszych etapów rozwoju. Procesy poznawcze stają się mniej zdyscyplinowane i analityczne, podczas gdy prym zaczynają wieść wyobraźnia, pragnienia, ale i lęki. Pacjenci z każdą chwilą zachowują się coraz bardziej dziecinnie. Tracą emocjonalną stabilność i wykazują skłonność do nieopanowanego chichotu.

Coraz to ciekawiejsze i ciekawiejsze

Najmłodsze dzieci bywają zdezorientowane, doznają objawień i czują radość, ale czy są w stanie doświadczać zdumienia światem i zachwytu nad nim? Zdaniem Annie Dillard odpowiedź brzmi „nie". „Łatwo je oszołomić, natomiast dużo trudniej zaskoczyć. [Wszystko] jest dla nich nowe i dlatego równie niewytłumaczalne". Jednak z czasem niemowlęta stają się coraz bardziej świadome pewnych powtarzalnych schematów rządzących ich codziennymi przeżyciami i zaczynają powoli odbierać istnienie świata jako odrębnego bytu oraz ludzi jako jednostek odmiennych od nich samych. Mając wsparcie kochających rodziców i innych opiekunów, im są starsze, tym większe wykazują zainteresowanie otaczającą je rzeczywistością.

Ciekawość nie jest oczywiście cechą zarezerwowaną wyłącznie dla rodzaju ludzkiego. Wiele zwierząt fascynuje się tym, co się dzieje dookoła nich, zwłaszcza w sprzyjających warunkach, kiedy nie muszą poświęcać całej uwagi i energii na walkę o przetrwanie. Nawet wspomniany w rozdziale czwartym *C. elegans*, skromny robak wyposażony w zaledwie trzysta dwa neurony, kiedy go ulokować na skrawku ziemi pośród jego ulubionego jedzenia i całego mnóstwa potencjalnych partnerów, pójdzie sobie gdzie indziej. Najwyraźniej niektóre robaki trudno zadowolić. Ale i wysoce inteligentne zwierzęta,

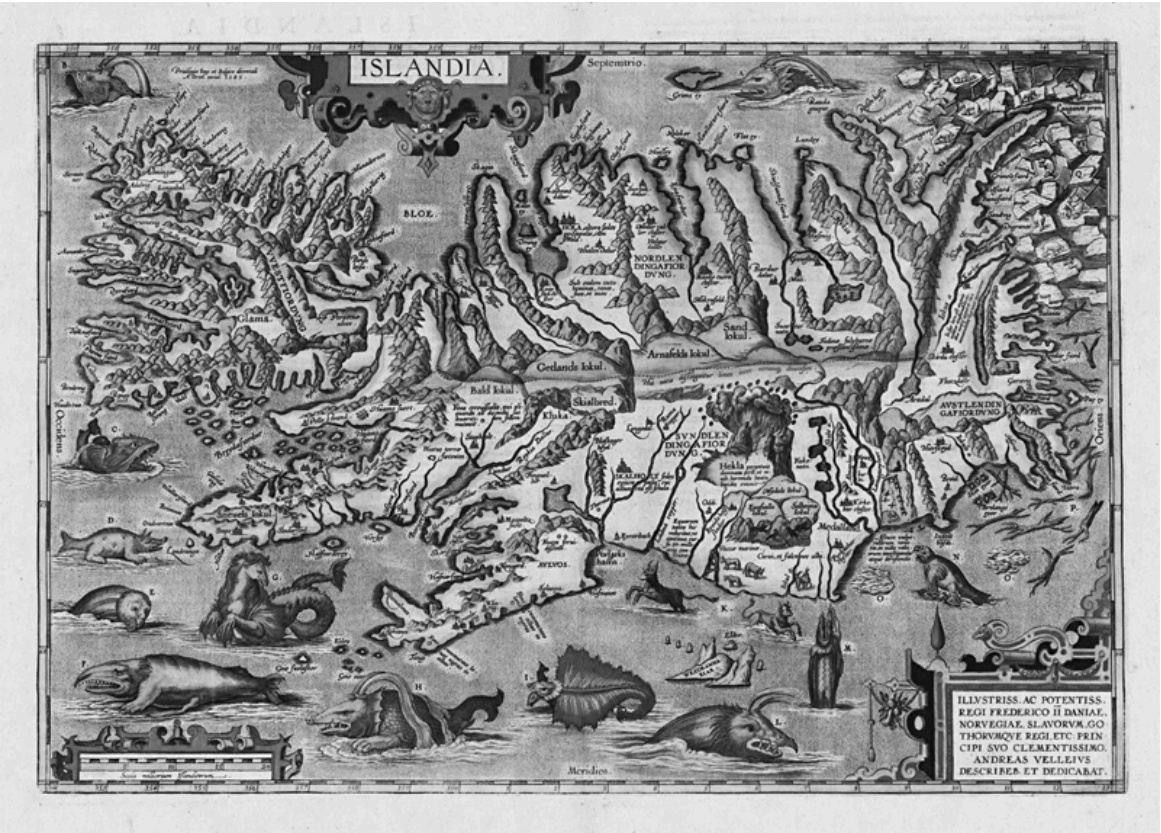
takie jak wrony brodate, to wyjątkowo ciekawskie stworzenia. Małe wroniątka, wykorzystując metodę obserwacji, prób i błędów, opanowują sztukę strugania dziobem gałązek, z których formują haczykowate narzędzie ułatwiające wygrzebywanie larw z ziemi. Dzięki wrodzonej ciekawości potrafią zrozumieć zasady działania i współdziałania przedmiotów, a także uczą się, w jaki sposób tę wiedzę wykorzystywać do osiągnięcia konkretnych celów.

Jednak to ludzi charakteryzuje największa ciekawość i nawet najmłodsi przedstawiciele rodzaju ludzkiego są lepsi od wron brodatych, jeśli chodzi o dostrzeganie tego, co nowe, incydentalne lub przypadkowe, a także wyobrażanie sobie na bazie owego doświadczenia nowych możliwości. A kiedy zainteresowanie już raz zostanie w człowieku rozniecone, trudno je powstrzymać. Gdy dokonujemy jakiegoś odkrycia będącego efektem naszej dociekliwości, następuje wyrzut dopaminy do ośrodków nagrody w mózgu, co zwiększa prawdopodobieństwo zapamiętania przez nas całej sytuacji. Oczywiście nie tylko w okresie niemowlęctwa, ale przez całe nasze życie towarzyszy nam głód ciekawości, który osiąga szczytowy poziom w chwilach, gdy wydaje nam się, że znaleźliśmy właściwą odpowiedź albo przeczuwamy, jaki będzie rezultat naszych działań, ale nie mamy stuprocentowej pewności. Dlatego im więcej wiemy, tym większa otwiera się przed nami przestrzeń dla ciekawości.

W wieku trzech, czterech lat dzieci zaczynają tworzyć mentalne „mapy" relacji, jakie zachodzą pomiędzy rzeczami i ludźmi. Mogą na przykład dojść do wniosku, że skoro dzięki jedzeniu ludzie rosną, to konsumując więcej, będą rosnąć w nieskończoność (to właśnie spotyka Alicję w Krainie Czarów, kiedy zjada ciastko opatrzone napisem „zjedz mnie"). W miarę dorastania ich mentalne mapy robią się coraz bardziej złożone i precyzyjne i zaczynają obejmować również pragnienia i przekonania, emocje i czyny, zarówno ich samych, jak i otaczających je ludzi. Na podstawie takich schematów dzieci tworzą również wyobrażenia tego, jaki mógłby być świat, w którym żyją, mnożąc

w swoich głowach alternatywne rzeczywistości. To właśnie na etapie wczesnego dzieciństwa, zdaniem Alison Gopnik, następuje rozkwit zabaw w udawanie i odgrywanie, w których rzeczywistość małego dziecka ulega transformacji pod wpływem fantazji i wyobraźni. Oczywiście, jak podkreśla psycholożka, by mogło do tego dojść, potrzebny jest solidny fundament, czyli miłość: dzieci z łatwością przyswajają wiedzę, kiedy są otoczone przez dorosłych troską, i tak samo z łatwością korzystają z wyobraźni, kiedy są przez nich **kochane**[180].

„Z perspektywy małych dzieci przyroda jest pełna drzwi, w zasadzie składa się z samych drzwi, które przy każdym kroku otwierają się na oścież – pisze Robert Macfarlane. – Dziupla w drzewie to brama do zamku. Podziemne gniazdo mrówek to przejście na drugą stronę świata. Szałas z patyków staje się pałacem. Kałuża – portalem wiodącym do podmorskiego królestwa". Macfarlane opisuje projekt, który zachęca dzieci do eksplorowania **na poły dzikich terenów**[181] rezerwatu przyrody Hinchingbrooke Country Park w Cambridgeshire i do tworzenia map dokumentujących ich odkrycia. Szefowe projektu, Deb Wilenski i Caroline Wending, jak same przyznają, nie mogą się nadziwić temu, w jaki sposób mapy funkcjonują w dziecięcej wyobraźni: nie są kreślone ręką człowieka, tylko jakby samoistnie wyłaniają się z ziemi i wody.



Mapa Islandii autorstwa Abrahama Orteliusa (1590) z morskimi potworami i wulkanem rodem z obrazkowej książeczki dla najmłodszych posługuje się językiem atlasów z dzieciństwa.

Gdy granice dziecięcego świata zaczynają się poszerzać, konstytuuje się również ściślej określone **poczucie własnego ja**[182]. Annie Dillard w poetycki sposób opisuje swoje wspomnienie tamtego momentu: „Jak każde dziecko również i ja wślizgnęłam się w idealnie dopasowaną formę samej siebie, niczym nurkująca dziewczyna, która wnika we własne odbicie w basenie: opuszki palców stykają się z opuszkami na tafli wody, nadgarstki wchodzą w falujący obraz ręki aż po ramiona, koniuszki palców u stóp zanurzają się ostatnie. Dziewczyna w całości znika wewnątrz swojego odbicia, a kiedy wychodzi z basenu, ma je na sobie i będzie je nosić już do końca życia".

Zdrowe dzieci dorastające w poczuciu bezpieczeństwa nie boją się badać otaczającego je świata, a kiedy to robią, angażują się w działanie,

które Merleau-Ponty nazwał pierwszym zadaniem filozofii i które sprowadza się do jednego: zobaczyć świat na nowo. W swojej autobiografii urodzony w 1793 roku poeta John Clare opisuje pewien letni poranek, gdy jako mały chłopiec błąkał się samotnie z dala od swojej rodzinnej wioski:

> Wyobrażałem sobie, iż koniec świata znajduje się na krawędzi horyzontu i dzień wędrówki wystarczy, by do niego dotrzeć. Szedłem więc przed siebie z sercem przepełnionym nadzieją, radością i pragnieniem dokonywania coraz to nowszych odkryć, będąc przekonanym, iż gdy już znajdę się na skraju, spojrzę w dół, jakbym spozierał w przepastną otchłań, i odsłonię wszystkie jego sekrety, tak jak spoglądając w wodę, można, w co wierzyłem głęboko, zobaczyć niebo. I tak dzień cały wędrowałem ochoczo, błądząc pośród drzew dopóty, dopóki nie straciłem poczucia rzeczywistości, kiedy pierwsze dzikie kwiaty i ptaki zapomniały o moim istnieniu, i zacząłem wyobrażać sobie, że są mieszkańcami jakiegoś zupełnie nowego świata, a nade mną, w zupełnie innym punkcie nieboskłonu świeci całkiem inne słońce. A mimo to wciąż lęku nie czułem, w radości mej z cudu wypatrywania płynącej nie było dlań miejsca. W każdej minucie napotykałem nowe cuda. Przemierzałem ten nowy świat, dziwując się ogromnie, iż nie odnalazłem kresu starego.

Sensem dzieciństwa, jak pisał myśliciel socjalistyczny Aleksandr Hercen, nie jest dorastanie i przemiana w dorosłego człowieka. „Dziecko ma się bawić, dziecko ma się cieszyć, dziecko ma być dzieckiem – oto cel dzieciństwa. Jeśli uznamy inaczej, wówczas jedynym celem naszego życia stanie się śmierć". Niewielu osobom udało się lepiej uchwycić cud beztroskiej, niczym nieskrępowanej zabawy niż pisarzowi Bruno Schulzowi, który tak opisuje swoje dzieciństwo w Polsce na początku XX wieku:

> W tych dniach dalekich powzięliśmy po raz pierwszy z kolegami ową myśl niemożliwą i absurdalną, ażeby powędrować jeszcze dalej [...], w pogranicze sporne i neutralne, gdzie gubiły się rubieże państw, a róża wiatrów wirowała błędnie pod niebem wysokim i spiętrzonym. Tam chcieliśmy się oszańcować, uniezależnić od dorosłych, wyjść zupełnie poza obręb ich sfery, proklamować republikę młodych. [...] Miało to być życie pod znakiem poezji i przygody,

> nieustannych olśnień i zadziwień. Zdawało się nam, że trzeba tylko rozsunąć [...] stare łożyska, w które ujęty był bieg spraw ludzkich, ażeby w życie nasze włamał się żywioł, wielki zalew nieprzewidzianego, powódź romantycznych przygód i fabuł.

Przeświadczenie, że nasze poczucie zdumienia światem i zachwytu nad nim zanika, gdy zostawiamy za sobą krainę dzieciństwa i powoli zaczynamy zmierzać ku dorosłości, jest szeroko rozpowszechnione. „Teraz już nie jest tak, jak niegdyś było" – pisał w 1804 roku William Wordsworth **w wierszu**[183] zatytułowanym *Oda o przeczuciach nieśmiertelności czerpanych ze wspomnień o wczesnym dzieciństwie*. Ale nie tylko spadkobiercy zachodniego romantyzmu są podobnego zdania. W swoim dokumentalnym filmie z 2016 roku *China: Between Clouds and Dreams* Phil Agland w sposób niezwykle wyrazisty ukazuje zdumienie, jakiego w różnych zakątkach Chin doświadczają dzieci w przedziale wiekowym od dziewięciu do jedenastu lat, skonfrontowane z pięknem przyrody w coraz bardziej zanieczyszczonym i zagrożonym świecie. A mimo to, jak mi powiedział Agland, w Chinach panuje powszechna opinia, że kiedy wejdą w okres nastoletni, natychmiast zapomną o swoim dziecięcym zachwycie.

Jednak nie wszędzie ani nie zawsze sytuacja przedstawia się tak samo. W niektórych kulturach lub też postawach wobec świata wciąż ogromną wagę przywiązuje się do aktu głębokiego zdumienia i zachwytu oraz poczucia jedności **zarówno z innymi ludźmi, jak i istotami nie-ludzkimi**[184]. Robin Wall Kimmerer, biolożka i przedstawicielka Potawatomi, plemienia Indian północnoamerykańskich, twierdzi, że widać to w jej języku ojczystym. Angielski oparty jest na rzeczownikach, które stanowią mniej więcej trzydzieści procent wszystkich słów, jednak w przypadku języka potawatomi – prawdziwego kuzyna Ursprache Tlönu z *Fikcji* Jorge Luisa Borgesa – podstawę tworzą czasowniki obejmujące siedemdziesiąt procent całego słownictwa: w świecie Indian rzeczy się raczej dzieją,

a nie są. Kimmerer jako przykład podaje określenie części akwenu zwanej zatoką:

> Zatoka jest rzeczownikiem tylko wtedy, gdy jej wody są martwe. Wciśnięta w ramy rzeczownika staje się obiektem zdefiniowanym przez człowieka, uwięzionym między brzegami, ograniczonym przez usidlające ją słowo. Natomiast czasownik *wiikwegamaa* oznaczający „być zatoką" wypuszcza jej wody na wolność, pozwalając im żyć. W określeniu „być zatoką" kryje się cud odsłaniający przed nami jej prawdziwą naturę: woda, która jest żywym organizmem, postanawia na jakiś czas schronić się między brzegami zatoki, gdzie nawiązuje relacje z korzeniami cedrów czy stadami piskląt nurogęsi. Ponieważ mogłaby dokonać innego wyboru – stać się strumieniem, oceanem albo wodospadem – w języku potawatomi i na to mamy odpowiednie czasowniki.

Wbrew pozorom filozofia Indian wcale nie ma charakteru mistycznego; jest raczej znacznie bardziej pojemną i przenikliwą wersją podejścia realistycznego, w którym istotne miejsce zajmuje skupienie się na procesie, cyklu i zmianie oraz szacunek wobec tych zjawisk. Podobną wizję przedstawia Robert Macfarlane, dopatrując się w rzeczowniku *landscape* (krajobraz) również ukrytego czasownika:

> **Krajobraz umyka**[185], jest dynamiczny i wywołuje poruszenie; kształtuje nas i nadaje nam formę nie tylko w wymiarze długodystansowym, ale i w każdej sekundzie naszego życia, w każdej sytuacji. Może nam coś odbierać, ale i uzupełniać braki, sprawiając, że nasze ciała stają się twarde i zwarte niczym kryształ lub rozproszone i ruchliwe niczym stado ptaków.

2. Południe

Kiedy powoli zaczynamy wkraczać w dorosłość, zyskujemy dostęp do całej gamy nowych, intensywnych doświadczeń. Ich zakres może być naprawdę spory i jeśli mamy szczęście, dane nam będzie doświadczyć wielu pozytywnych stanów, od absolutnej ulgi po czystą ekstazę. Nie wszystkie łączą w sobie zaangażowanie intelektualne i emocjonalne,

które, jak sugerowałem we wstępie, jest niezbędne do zaistnienia w pełnym wymiarze cudu wzbudzającego poczucie zdumienia i zachwytu, lecz wielu ludzi, którzy mają na swoim koncie podobne przeżycia, opisuje je jako cudowne.

Weźmy na przykład okres niedostatku, po którym następuje ulga i zaspokojenie. Po osiemdziesięciu sześciu dniach solowego marszu przez Antarktydę, na biegun i z powrotem, wygłodzony młody podróżnik Aleksander Gamme natknął się na przygotowaną zawczasu kryjówkę z jedzeniem. Wielce pożywną przekąską okazała się paczka chrupek serowych Cheez Doodles, jednak żadne słowa nie są w stanie oddać radości Gamme'a na ich widok. Jego reakcję można obejrzeć w internecie – naprawdę warto. „Trudno opisać, jak bardzo byłem głodny w tamtym momencie" – wyjaśnia, żeby nikt nie miał wątpliwości.

Czasami jednak źródło intensywnego doświadczenia wydaje się nieuchwytne, mimo iż jest głęboko zakorzenione w strukturze oraz schemacie funkcjonowania naszego organizmu, zwłaszcza mózgu. „Przez kilka chwil doświadczam szczęścia, którego nie sposób doznać w stanie normalnym i o którym inni nie mają żadnego pojęcia – pisał w liście do przyjaciela Fiodor Dostojewski. – Czuję pełną harmonię w sobie samym i w całym świecie, i uczucie to jest tak silne i słodkie zarazem, że za kilka sekund tej niebiańskiej rozkoszy można by oddać dziesięć lat życia, a może i całe. [...] Mam wrażenie, jakby niebo zstępowało na ziemię. [...] Doświadczam obecności Boga i czuję, że jestem nią przepełniony". Pisarz operuje językiem metafizycznym, lecz wykorzystuje go do uchwycenia stanu, w jakim znajduje się umysł w pierwszych sekundach czysto fizycznej przypadłości – Dostojewski cierpiał na padaczkę.

Epilepsja w najbardziej powszechnej formie wywołuje napady, podczas których dochodzi do zsynchronizowanych wyładowań elektrycznych obejmujących całą korę mózgową. Często prowadzą one do utraty przytomności, zaś ich następstwa są wyjątkowo

nieprzyjemne. Istnieje jednak jeszcze jeden typ padaczki charakteryzujący się tym, że elektryczna „burza" szaleje jedynie **na niewielkim obszarze mózgu**[186] i podczas ataku cierpiąca na nią osoba najczęściej pozostaje przytomna. Dostojewski chorował na ten drugi rodzaj epilepsji, zwany padaczką ogniskową, i na przestrzeni ponad dwóch dekad w pamiętnikach oraz listach do przyjaciół opisał przeszło setkę takich napadów.

Neurolożka Fabienne Picard odkryła niedawno, że padaczka ogniskowa wcale nie występuje tak rzadko, jak kiedyś myślano. Co więcej, według jej ustaleń uczucia, jakich doświadczają pacjenci zmagający się z tą odmianą choroby, można przypisać do trzech kategorii: wyostrzona samoświadomość, silne poczucie fizycznego dobrostanu oraz intensywne pozytywne emocje. „Olbrzymia radość, która mnie wypełnia, wykracza daleko poza granice wszelkich doznań fizycznych – tłumaczył jeden z pacjentów Picard. – To poczucie absolutnej obecności [...], niewyobrażalnej wręcz harmonii pomiędzy moim ciałem i jaźnią a życiem, światem i całym istnieniem".

Posiadająca moc transformacyjną radość, którą odczuwali Dostojewski i inni cierpiący na padaczkę ogniskową, jest wynikiem zaburzonego działania mózgu, ma charakter mimowolny i należy do kategorii doświadczeń przeżywanych w samotności. Jednak młodzi ludzie, którym nic nie dolega, również mogą zaznać ekstazy. Najczęściej sami aktywnie szukają tego typu wrażeń, a osiągane dzięki nim uniesienia dzielą z innymi. Nierzadko pomocna okazuje się w tym „święta trójca" – czyli seks, narkotyki i rock'n'roll, o których więcej zaraz – jednak w przypadku wielu osób istotną rolę odgrywają religia i wiara, gdzie wspólne przeżywanie stanowi główne doświadczenie.

Za idealną ilustrację może posłużyć tu ewangeliczne chrześcijaństwo. „Głębię przeżywania w naszym Kościele zapewnia wspólnota wiernych oparta na tym, że wszyscy jesteśmy [...] braćmi i siostrami w Chrystusie, a nie grupą przypadkowych osób, które próbują stworzyć wspólnotę" – tłumaczy w rozmowie z filozofem Julesem Evansem Nicky Gumbel,

członek ruchu charyzmatycznego w obrębie Kościoła anglikańskiego. Gumbel jest autorem kursu Alpha, tj. szeregu katechez składających się na wstęp do chrześcijaństwa, w którym wzięło udział już przeszło dwadzieścia siedem milionów osób. „Między nami pojawia się zupełnie inny wymiar intymności i zaufania – dodaje Gumbel. – Oczywiście istnieje niebezpieczeństwo nadużyć, jeżeli jednak ta bliskość zostanie wykorzystana we właściwy sposób, można osiągnąć naprawdę niesamowite rzeczy". Jak relacjonują wierni, podczas spotkań doświadczają wszechogarniającej miłości i absolutnego spokoju.

Z kolei ochotnicy przyłączający się do Państwa Islamskiego oraz różnych grup zrzeszających bojowników ponoć czerpią ekstatyczną wręcz przyjemność z dążenia do wspólnego celu, u podstaw którego leżą silne więzy zaufania. Zdaniem antropologa Scotta Atrana badającego profile na portalach społecznościowych oraz biografie bojowników, zwłaszcza tych żyjących na marginesie społeczeństwa europejskiego, ci ludzie „szukają czegoś wzniosłego". I jeśli nawet popierają okrucieństwo czy sami dopuszczają się aktów przemocy, na poziomie emocjonalnym skupiają się na poetyckim wymiarze braterstwa i siostrzeństwa w walce o sprawę, która w ich przekonaniu może zmienić kształt otaczającego ich świata. Święty bój, jaki przyszło im toczyć przeciwko krzywdom wyrządzanym przez społeczeństwo konsumpcyjne i popełnianym przez nie grzechom, daje im poczucie przynależności i nadzieję na zbawienie.

Oczywiście wcale nie trzeba być wyznawcą tej czy innej doktryny religijnej, by w pełni docenić atrakcyjność poczucia bycia częścią czegoś większego. Warto natomiast od czasu do czasu sobie przypomnieć, i to najlepiej w ekstremalnych okolicznościach, o swojej relacji ze światem zewnętrznym, gdyż takie doświadczenie może mieć na nas bardzo pozytywny wpływ. Według niektórych psychologów **pełen szacunku podziw i lęk**[187] – „odczuwany w szczytowej fazie przyjemności i na granicy strachu" – może prowadzić do istotnej zmiany na lepsze w kontekście naszego zachowania. Psychologowie Paul Piff i Dacher

Keltner obserwowali osoby uprawiające kajakarstwo górskie i uczestników wypraw do gajów z gigantycznymi drzewami, jak również turystów w bardziej oswojonym środowisku. Okazało się, że w porównaniu z grupą kontrolną osoby, które miały na koncie mniej lub bardziej ekstremalne przeżycia, częściej podejmowały etyczne decyzje i wykazywały się znacznie większą wielkodusznością oraz empatią. „Nawet krótkotrwałe doświadczenie podziwu podszytego strachem [...] sprawiało, że ludzie wyzbywali się narcyzmu i poczucia uprzywilejowania na rzecz dzielonego przez nas wszystkich człowieczeństwa". Piff i Keltner są zagorzałymi rzecznikami czegoś, co sami nazywają „codziennym zachwytem z domieszką lęku", i zachęcają ludzi, by angażowali się w czynności, które przyprawiają ich o gęsią skórkę, niezależnie, czy to będzie obserwowanie drzew, nocnego nieba, wzorów na wodzie tworzonych przez wiatr czy podziwianie powszedniej szlachetności u innych.

Momenty „codziennego zachwytu z domieszką lęku" oraz towarzyszące im poczucie mentalnego przebudzenia od wieków są obecne w wielu kulturach. W duchowych i religijnych tradycjach całego świata stanowią istotny element systemu wierzeń. W buddyzmie zen przyjmują formę kenshō, czyli oświecenia lub wglądu we własną naturę. W hinduizmie to darśan: wgląd w naturę boskości. Chrześcijanie mówią o spływającej na nich łasce, a sufici o wizji boskiego światła. Jednak zdaniem psychologa Guya Claxtona tego typu doświadczenia wcale nie muszą ograniczać się jedynie do sfery religii i mogą stać się udziałem osób niewierzących. W Wielkiej Brytanii, gdzie większość populacji nie uczestniczy w zorganizowanych obrzędach religijnych, prawie dwie trzecie, w tym zarówno nastolatki, jak i dorośli, przyznają, że co najmniej raz przeżyli coś podobnego; może być też i tak, że jest tych osób znacznie więcej, tyle że nie mówią o tym głośno.

Według badań przeprowadzonych przez Claxtona i innych psychologów te chwile albo „przebłyski" są niezwykle ulotne i z reguły trwają zaledwie kilka minut, jeśli nie sekund. Różnią się również pod

względem intensywności: jedne są po prostu przyjemne, podczas gdy inne sprawiają, że fundament, na którym opiera się nasze postrzeganie i odczuwanie świata, cały drży w posadach. Zazwyczaj pojawiają się zupełnie znienacka, mijają równie szybko i w żaden sposób nie da się ich zatrzymać siłą woli. Jednakże, mimo efemerycznej natury, nie są odbierane jako iluzja, lecz raczej jako objawienie odsłaniające głębię rzeczywistości, które przeżywamy bardzo wyraźnie i intensywnie.

Owe stany posiadają jeszcze dwie cechy charakterystyczne. Po pierwsze, mają niezwykle fizyczny wymiar: wiążą się z nimi przypływ sił witalnych – często opisywanych jako jasność, energia i ciepło – oraz wzmożona intensywność percepcji. Po drugie, zmienia się relacja ze światem: w miejsce poczucia wyobcowania pojawia się poczucie przynależności („od tęsknoty do wspólnoty"). Jednak tym, co najbardziej pociąga w takim objawieniu, jest, zdaniem Claxtona, „wyzwolenie uczuciowości". „Zatrzymujemy się na chwilę w tym naszym codziennym zabieganiu i nagle widzimy, co należy zrobić, by zatroszczyć się o innych ludzi i o świat przyrody, a potem w sposób całkiem naturalny po prostu to robimy. [...] Przychodzi nam to z łatwością, jakby cały ciężar rozważań i obaw został zdjęty z naszych ramion, i nagle życie staje się ekstremalnie proste". Innymi słowy, doświadczamy świata, jakby każda, nawet najdrobniejsza rzecz miała znaczenie.

Tego rodzaju przebłyski odbieramy zarówno ciałem, jak i umysłem. Jednak zwykle nie mają one wymiaru seksualnego: ciążą raczej w kierunku agape niż eros (pisarz Henry James dostrzegł tę samą tendencję w obrazach Fra Angelica: „żarliwie pobożna czułość [...], nieustające poczucie dawania i przyjmowania miłości świętej, pełnej szacunku i pietyzmu"). Oczywiście nie oznacza to wcale, że erotyczne doświadczenia są z zasady pozbawione wymiaru duchowego. Seks z miłości może stać się formą **sacrum**[188], a to, co święte, może być także wyrażone w formie erotycznej, jak ma to miejsce w przypadku Pieśni nad Pieśniami:

O ileż słodsza jest miłość twoja od wina
a zapach olejków twych nad wszystkie balsamy!
Miodem najświeższym ociekają wargi twe, oblubienico,
Miód, mleko pod twoim językiem,
A zapach twoich szat jak woń Libanu[189].

Seks

Kopulacja między zwierzętami może przybierać formę zgoła przerażającą, a entuzjazm, z jakim się parzą, bywa wręcz niepokojący. Na przykład pojedynkujące się płazińce, które są hermafrodytami, przy każdym pchnięciu próbują się nawzajem zapłodnić jednym z dwóch ulokowanych na piersi fallusów. Z kolei samce pasikoników są wyposażone w parę umieszczonych tuż przy genitaliach haczykowatych wypustek, których używają do drażnienia wrażliwych obszarów genitalnych samicy. Wiele podobnych informacji można znaleźć w internecie, i to na stronach prowadzonych przez najbardziej poważane na świecie media publiczne. BBC Earth eksploruje „szalony świat zwierzęcych organów płciowych" (cykl *The Twisted World of Animal Sex Organs*) i wyjaśnia, „dlaczego zwierzęta są bardziej perwersyjne niż my" (*Why Animals are Kinkier than You*), próbując odpowiadać na pytania w stylu: „dlaczego foki uprawiają seks z pingwinami". Nie znaczy to jednak, że zachęcam do podróży w głąb króliczej nory. Chodzi mi tylko o to, żebyśmy czasem, kontemplując zachowania seksualne innych przedstawicieli królestwa zwierząt, odłożyli na bok podśmiechujki i najzwyczajniej w świecie zachwycili się pięknem tego aktu. Taniec godowy japońskich żurawi to jedno z najcudowniejszych zjawisk na Ziemi. Stosunki kopulacyjne szympansów bonobo być może nie są zbyt przyjemne dla oka, natomiast ich kultura spod znaku „róbmy miłość zamiast wojny" jest godna naśladowania.

Popęd seksualny jest niejako wbudowany w system królestwa zwierząt – oczywiście dotyczy to również człowieka. Czasami jednak w tym układzie dochodzi do zwarcia, co może przynieść niesamowite efekty. Niektórzy ludzie (głównie kobiety) doświadczają swoistej synestezji i w czasie orgazmu widzą intensywne kolory, podczas gdy inni mają przed oczami tylko jedną barwę, która się zmienia wraz z nadejściem kolejnego szczytowania. Z pewnością warto zadać sobie pytanie, co wywołuje w naszej głowie obraz koloru, zaś rozwiązanie tej zagadki może przynieść jego autorowi **Nagrodę Ig Nobla**[190].

Jednak nie zawsze takie „spięcie" czy „przesłuch" bywa przyjemne. W swojej książce pt. *Bzyk. Pasjonujące zespolenie nauki i seksu* Mary Roach opisuje kobietę, która przeżywała orgazm za każdym razem, gdy myła zęby. Brzmi to zabawnie, ale było to dla niej niezwykle uciążliwe. Dowcip zużył się znacznie szybciej niż szczoteczka (choć twórca pierwszej elektrycznej szczoteczki do zębów, dr Woog, zaprojektował również najwyższej klasy wibrator). Kolejny zagadkowy przypadek to historia pewnego mężczyzny zmagającego się z silnymi atakami

czkawki, których w żaden sposób nie dało się powstrzymać. Mężczyzna próbował wszystkiego, niestety z marnym skutkiem. Wreszcie sięgnął po ostatnią, jak można przypuszczać, deskę ratunku: seks z własną żoną. W chwili wytrysku skurcze ustały.

Orgazm definiuje się jako odruch autonomicznego układu nerwowego, który może być zarówno ułatwiany, jak i hamowany przez nasz mózg, a ściślej rzecz ujmując, przez to, co czujemy i o czym myślimy. Powyższe wyjaśnienie jest raczej przygnębiające, jednak mówi nam coś istotnego o naturze bestii. Mowa w końcu o zachowaniu, które niezależnie od tego, z czym je łączymy, ma charakter automatyczny i jest dość prymitywne. Autonomiczny układ nerwowy – odpowiedzialny również za regulację rytmu serca, oddechu oraz procesów trawiennych, a także za odruchy takie jak kaszlenie, kichanie i wymiotowanie – w dużej mierze pozostaje poza obszarem świadomej kontroli. Pod wieloma względami różni się od somatycznego układu nerwowego, który odbiera i przekazuje wrażenia dotykowe i umożliwia kontrolowanie ruchów. (W przeciwieństwie do szlaków układu somatycznego szlaki autonomicznego układu nerwowego nie prowadzą wyłącznie przez kręgosłup. Oznacza to, że niektóre osoby sparaliżowane od szyi w dół z powodu uszkodzenia kręgosłupa wciąż mogą doświadczać orgazmu). Jak pokazują skany mózgu, wiele jego obszarów u kobiet dezaktywuje się w chwili szczytowania, łącznie z tymi, choć może się to wydać zaskakujące, odpowiedzialnymi za emocje. U mężczyzn jest to mniej wyraźna tendencja, lecz powodem mogą być krótsze i trudniejsze do wykrycia (na obszarze mózgu) orgazmy.

Nie oznacza to wcale, że nasze myśli i wrażenia podczas stosunku są nieistotne. Jak niezbicie dowodzą badania, najbardziej wyrafinowaną i najintensywniejszą przyjemność seksualną przeżywamy wtedy, gdy została ona poprzedzona stanem psychogennego podniecenia wywołanym przez obdarzonego wyobraźnią partnera, wywyższającego pragnienia ukochanej osoby i skupionego na jej odczuciach. Wyniki

badań opublikowanych w latach siedemdziesiątych XX wieku przez Williama Mastersa i Virginię Johnson ujawniły, że w związkach homoseksualnych partnerzy wykazywali się znacznie większymi umiejętnościami w doprowadzaniu się nawzajem do seksualnej ekstazy, niż miało to miejsce w przypadku par heteroseksualnych. Działo się tak, ponieważ osoby te (zwłaszcza kobiety) „wykonywały znacznie powolniejsze ruchy [...] i przeciągały każdy etap stymulacji, delektując się rosnącym napięciem". Geje i lesbijki, często znacznie bardziej empatyczni wobec swoich partnerów niż osoby heteroseksualne, nie dążyli wcale do jak najszybszego załatwienia sprawy, tylko skupiali się na jakości erotycznej gry, starając się, by trwała jak najdłużej. To niezwykle pouczająca lekcja, z której powinniśmy skorzystać, jeśli chcemy, by akt seksualny w naszym wykonaniu stał się jeszcze wspanialszym przeżyciem. Filozofka Luce Irigaray przekonuje, że kobiety i mężczyźni mogą doświadczyć prawdziwego zachwytu, kiedy w pełni otworzą się na nieredukowalną odmienność płciową i odpowiedzą na nią z szacunkiem i przychylnością. Zdumienie, jak pisze Irigaray, „nie tylko stanowi nieodzowny element naszej egzystencji, ale [...] jest także niezbędne w tworzeniu etyki, zwłaszcza przy opieraniu się na różnicach seksualnych. Ten drugi – nasz partner albo partnerka – powinien nas wciąż na nowo zaskakiwać, ukazywać nowe, nieznane dotąd oblicze, zupełnie odmienne od naszego dotychczasowego wyobrażenia tej osoby".

Narkotyki

„Miłość to narkotyk" – śpiewał wokalista Roxy Music. Jednak nie tylko miłość kojarzy się z poszukiwaniem mocnych wrażeń. Najbardziej popularną metodą, przynajmniej na Zachodzie, jest konsumpcja alkoholu. W przeciwieństwie do orgazmu jego oddziaływanie ogranicza się wyłącznie do mózgu, gdzie łączy się z co najmniej dwoma

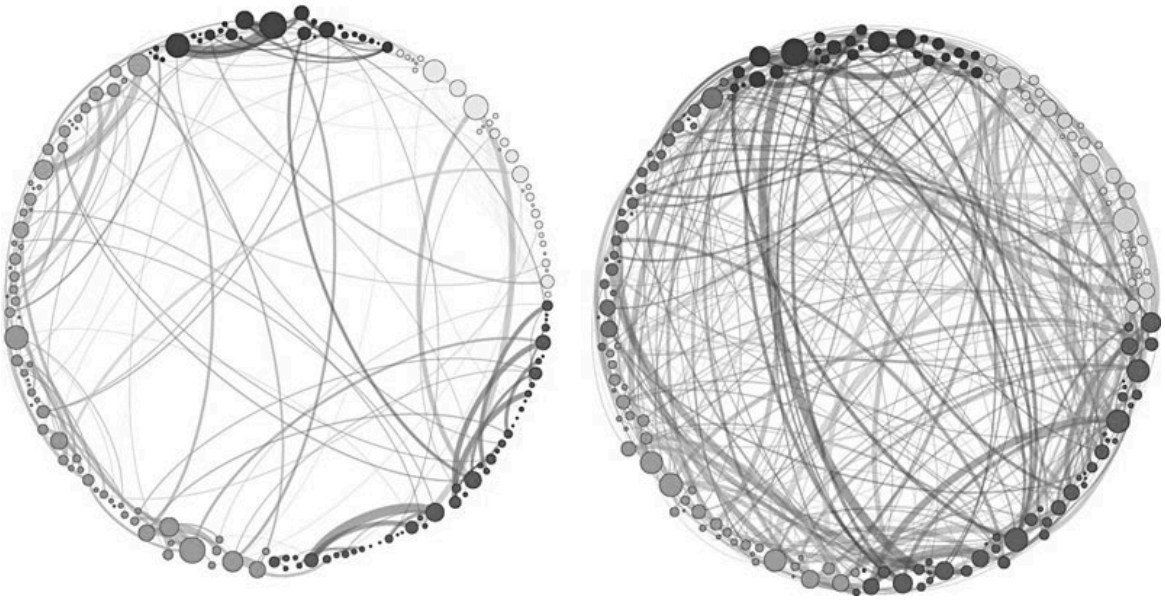
związkami chemicznymi. Wiążąc się z pierwszym, który nosi nazwę GABA, zaczyna działać jak środek uspokajający, wyciszając pracę mózgu i sprawiając, że jego właściciel czuje się rozluźniony. W przypadku drugiego – glutaminianu – zyskuje właściwości pobudzające, co prowadzi do podwyższonej aktywności mózgu. Powyższe skutki zdają się stać w sprzeczności, stąd słowa lady Makbet: „To, co ich spiło, mnie dodało męstwa; co ich zgasiło, mnie dodało ognia”[191]. Jednocześnie alkohol wywołuje wyrzut dopaminy w obszarach związanych z układem nagrody.

W wielu krajach nadużywanie alkoholu prowadzi do wyniszczenia setek ludzkich istnień. Przyjmowanie innych substancji psychoaktywnych w nadmiernych ilościach również może poczynić ogromne spustoszenia, jednak jak dowodzą badania, umiarkowane i ostrożne zażywanie niektórych z nich może w ściśle określonych przypadkach przynieść pozytywne efekty. Jak utrzymują nieliczni naukowcy, psychodeliki takie jak LSD, psylocybina i ayahuasca, pod warunkiem że stosuje się je odpowiedzialnie, mogą znacznie przyczynić się do ogólnego dobrostanu, a także otworzyć drzwi wiodące do niezwykłych doświadczeń.

Do połowy lat sześćdziesiątych federalny rząd Stanów Zjednoczonych finansował setki eksperymentów, podczas których działaniu psychodelików poddawani byli alkoholicy, osoby cierpiące na zaburzenia obsesyjno-kompulsyjne i depresję, dzieci autystyczne, schizofrenicy, pacjenci cierpiący na nieuleczalne typy raka i skazańcy, a także zdrowi artyści i naukowcy (by zbadać poziom ich kreatywności) oraz studenci teologii (by zbadać poziom ich duchowości). I choć z punktu widzenia dzisiejszych standardów większość z tych badań została zaprojektowana w sposób pozostawiający wiele do życzenia, często przynosiły pozytywne rezultaty. Jednak LSD wyciekło z laboratoriów i przeniknęło do kontrkultury. Rekreacyjne zażywanie tego typu narkotyków wkrótce zaczęło być łączone z przypadkami psychozy, flashbacków oraz samobójstw. W roku 1970 amerykański

rząd wydał całkowity zakaz ich wykorzystywania i badania stanęły w miejscu.

W ciągu ostatniej dekady obserwujemy renesans zainteresowania potencjalnymi korzyściami, jakie mogą płynąć z zażywania psychodelików, a na kilku uniwersytetach, zarówno w Ameryce, jak i w Europie, przeprowadzane są w tej chwili testy kliniczne. W 2006 roku psychofarmakolog Roland Griffiths opublikował artykuł opisujący eksperyment z podaniem psylocybiny zdrowym ochotnikom w ściśle kontrolowanych warunkach. Wedle relacji uczestników zażycie narkotyku niejednokrotnie skutkowało mistycznymi doświadczeniami przepełnionymi „głębokim [i trwałym] znaczeniem oraz duchową doniosłością", na które składały się poczucie jedności, spokoju i radości, wrażenie wyjścia poza granice czasu i przestrzeni i wejścia w sferę sacrum, niemożność opisania słowami tego stanu, a jednocześnie wewnętrzne przeświadczenie, że w trakcie jego trwania została odsłonięta obiektywna prawda o rzeczywistości. Jedna trzecia spośród badanych, którzy przyjęli psylocybinę, uznała owo doświadczenie za najbardziej duchowe przeżycie, jakiego kiedykolwiek doznali, zaś dwie trzecie umieściły je w pierwszej piątce, obok porodu i śmierci rodzica. Jednak nie wszystkie przypadki okazały się pozytywne. U jednej piątej pojawiły się negatywne odczucia, takie jak lęk.



Wizualizacja wzmożonej aktywności neuronalnej pod wpływem psylocybiny (ilustracja po prawej stronie).

Jak donosi dziennikarz Michael Pollan w artykule z 2015 roku traktującym o wznowieniu badań nad psychodelikami, podczas nowej serii testów klinicznych, przeprowadzanych głównie na pacjentach cierpiących na nieuleczalną formę nowotworu, nie zgłoszono żadnych negatywnych skutków. Stało się tak zapewne dlatego, że biorący w nich udział pacjenci byli odpowiednio wyselekcjonowani, zawczasu przygotowani do doświadczenia i przeprowadzili ich przez nie terapeuci przeszkoleni w zakresie przezwyciężania stanów lękowych, które mogą się pojawić po zażyciu substancji psychoaktywnych. Każde doświadczenie narkotyczne było inne, ale pewne motywy się powtarzały. Kilku pacjentów, z którymi Pollan przeprowadził wywiady, porównywało je do porodu albo narodzin. Wielkie tajemnice wszechświata spod znaku „wszyscy jesteśmy jednością" czy „liczy się tylko miłość" nagle stały się dla nich absolutnie jasne. „Występująca na co dzień w umyśle człowieka proporcja między zachwytem a banałem zostaje całkowicie odwrócona – pisze Pollan – i podobne koncepcje zyskują siłę prawdy objawionej. W rezultacie dochodzi do swego rodzaju «nawrócenia» i zdaniem naukowców właśnie ten aspekt ma

działanie terapeutyczne". Pacjenci czerpali przyjemność również z możliwości swobodnego podróżowania w czasie i przestrzeni, co przywodzi na myśl transcendentalne (choć wcale niewywołane narkotykami) doświadczenie Emersona, który czuł, że staje się **przezroczystym okiem**[192], a jego ciało rozpływa się w nicość, choć świadoma i postrzegająca jaźń nadal istnieje.

Roland Griffiths opisuje terapeutyczne działanie psylocybiny jako rodzaj „odwróconego zespołu stresu pourazowego – intymne doświadczenie wywołujące pozytywne, długotrwałe zmiany (których skutki mogą być odczuwalne przez lata, a nawet dziesięciolecia) w postawie, nastroju, zachowaniu i, prawdopodobnie, w samym mózgu". Podkreśla jednak, że narkotyk nie może zastąpić mentalnych korzyści płynących ze świadomej refleksji i samodyscypliny: „Istnieje zasadnicza różnica pomiędzy duchowym doświadczeniem a życiem duchowym". Ostrzega również przed poważnymi zagrożeniami związanymi z zażywaniem psylocybiny bez odpowiedniego przygotowania i nadzoru psychiatrycznego. Tak czy inaczej, rezultaty eksperymentów przeprowadzanych w ściśle kontrolowanych warunkach na ogół są pozytywne. Podczas jednego z nich osiemdziesiąt procent palaczy rzuciło palenie po trzech dawkach psylocybiny i na przestrzeni kolejnych sześciu miesięcy nie powróciło do nałogu. Dla porównania: najbardziej skuteczne programy walki z uzależnieniem od nikotyny jak dotąd odnotowały sukces na poziomie sięgającym niespełna czterdziestu procent.

Niektórzy naukowcy przekonują również o potencjalnych zaletach zażywania LSD. W artykule opublikowanym w 2016 roku neuropsychofarmakolog David Nutt i Robin Carhart-Harris dowodzą, że mózgi osób pod wpływem narkotyku „zapalają się" w sposób wręcz spektakularny. To świadczy o tym, iż widziane przez nich obrazy powstają na bazie informacji czerpanych z wielu obszarów, a nie tylko z kory wzrokowej. Według innego badania LSD generuje poczucie szczęścia, zaufania, bliskości z innymi, a także wzmożoną empatię

emocjonalną, zarówno pośrednią, jak i bezpośrednią. Jednak obecnie większość przedstawicieli środowiska medycznego podchodzi ostrożnie lub wręcz sceptycznie do potencjalnych korzyści płynących z zażywania psychodelików, zaś psylocybina i LSD na terenie Zjednoczonego Królestwa wciąż pozostają narkotykami klasy A, a w Stanach Zjednoczonych figurują w Załączniku 1 Ustawy o substancjach niedozwolonych, co oznacza, że są uznawane za środki niebezpieczne, o wysokim ryzyku uzależnienia.

W gronie walczących o przywrócenie psychodelikom ich dawnej pozycji są też i tacy, których bardziej od terapeutycznego interesuje ich duchowy potencjał. Preferowanym określeniem są w tym wypadku „enteogeny" (z gr. bóg wewnątrz) lub „substancje indukujące mistyczne doświadczenia", podczas których dochodzi do „objawienia jaźni". Kapłani Kościoła Santo Daime działającego na terenie Holandii i Brazylii wykorzystują podczas ceremonii ayahuascę, wywar z amazońskiego pnącza przyrządzany i wykorzystywany przez lokalnych szamanów do wywoływania odmiennych stanów świadomości. Jak przekonuje rzecznik Santo Daime, ayahuasca pomaga dorosłym stać się lepszymi dziećmi, co przywodzi na myśl **werset**[193] z Ewangelii św. Mateusza. Zażywanie ayahuaski od jakiegoś czasu jest przedmiotem drwin: w 2016 roku satyrycy donosili o pewnym szamanie z Ameryki Południowej, który drżał na samą myśl o kolejnej sesji, podczas której jako duchowy przewodnik będzie musiał doprowadzić grupę prezesów firm z sektora technologicznego do stanu duchowej jedności. Żarty żartami, ale chciałbym, żebyśmy jednak zapoznali się z relacją wykonującego prestiżowy zawód zdrowego młodego mężczyzny, który wziął udział w takiej ceremonii:

> Muzyka i przestrzeń nabrały mrocznego wymiaru i nagle znalazłem się w mocy [ayahuaski]. Ogarnął mnie głęboki, miażdżący wręcz lęk, który zmaterializował się w formie potwornych wizji. Kiedy zamknąłem oczy, widziałem zmierzające w moim kierunku demoniczne istoty, które wyłaniały się z krainy ciemności… Obecność silnego i skupionego [mistrza ceremonii] była dla mnie prawdziwą

ostoją podczas tych koszmarnych dwudziestu minut, gdy czułem, jakby wciągała mnie czeluść mroku…

Demony przybrały bardzo wyraźną, realistyczną postać, lecz w którymś momencie zrozumiałem, że jedyna droga ucieczki wiedzie przez miłość. […] Skupiłem się więc na miłości, jaką darzę moją żonę, wyobraziłem sobie, że tulę ją z całych sił, i nagle to uczucie przyszło do mnie w formie wizji – światła wypełniającego moją pierś. Owo światło stawało się coraz intensywniejsze, przekształcając piekielny krajobraz wokół mnie, a kolory z każdą chwilą jaśniały […]. Miłość, którą czułem w swej piersi, rosła, aż przerodziła się w jeszcze bardziej ekspresyjną wizję: ujrzałem swoje nienarodzone dziecko (w tamtym czasie żona była w czternastym tygodniu ciąży) – dziewczynkę, którą trzymałem w ramionach. Szlochałem z miłości do tego dziecka przez, jak mi się wydawało, wiele godzin, a łzy uwolniły mnie wreszcie z krainy mroku i powiodły ku światłu.

Z chwilą gdy pojawiły się miłość i spokój, wizje stały się znacznie bardziej uporządkowane i symetryczne. Wyższe światy, do których wkraczałem, zdumiewały symetrycznymi, nieustannie zmieniającymi się przestrzeniami, na które składały się geometryczne płaszczyzny i struktury, niczym krystaliczne miasta łączące w sobie cechy maszyny i żywego organizmu, gdzie koegzystowały w harmonii zwierzęta, ptaki, na poły ludzkie istoty oraz byty przypominające bóstwa. Nie była to jednak halucynacja… Przez wiele godzin naprawdę byłem w tych perfekcyjnie skonstruowanych, ultrazłożonych światach, powtarzając sobie bez przerwy „nigdy nie możesz tego zapomnieć, nigdy nie możesz tego zapomnieć”.

Rock’n’roll

Zorganizowanie psychodelicznego odjazdu w Amazonii, Nowym Jorku czy Holandii, żeby poprawić sobie nastrój lub podnieść jakość życia duchowego, w przypadku wielu z nas wymagałoby sporego wysiłku. Dużo prostszą i łatwiej dostępną metodą jest muzyka, z której ludzkość korzysta najprawdopodobniej od zarania dziejów. Oczywiście ona i narkotyki w kontekście poprawy nastroju wcale nie muszą się wykluczać, jednak muzyka sama w sobie może być niezwykle skutecznym narzędziem.

„Biali twórcami rock and rolla” – głosi fikcyjny nagłówek w monografii opublikowanej przez satyryczną gazetę internetową „Onion”, opatrzony datą 21 listopada 1955 roku. „Jak zapewniają władze, Czarni nie mają nic wspólnego z powstaniem muzyki popularnej”. Dowcip ma na celu przede wszystkim krytykę rasizmu, ale dotyka również problemu, który niektórzy biali Amerykanie mieli z odrodzeniem muzyki w jej najbardziej dionizyjskiej formie, przepełnionej **rauszem**[194] – takiej, która daje nam niezłego kopa.

Niepokój, jaki budzi ekstatyczna strona ludzkiej natury wydobywana na światło dzienne przez muzykę, nie jest wcale nowym zjawiskiem w kulturze europejskiej. W październiku 1557 roku niewielka grupa hugenotów (kalwinów francuskich) została wygnana przez katolickiego władcę z kolonii France Antarctique, niewielkiej wyspy w zatoce dzisiejszego Rio de Janeiro, dokąd uciekli przed prześladowaniami religijnymi w Europie. W akcie desperacji znaleźli schronienie w osadzie na lądzie stałym u Indian Tupinambá. W kronice nieszczęśliwych wypadków francuskich uchodźców Jean de Léry opisuje strach, a jednocześnie zachwyt, jakich doświadczył podczas ceremonii odprawianej przez ich gospodarzy:

> […] w domu mężczyzn rozległy się […] niskie pomrukiwania, jakby ktoś półgłosem odmawiał godzinki. Słysząc to, kobiety (było ich około dwustu) wstały i zbiły się w ciasną gromadę, wytężając słuch. Mężczyźni [powoli] zaczęli podnosić głosy i coraz wyraźniej słychać było ich chóralny śpiew, w trakcie którego wciąż powtarzali jedną sylabę przywodzącą na myśl nawoływanie: heu, heu, heu, heu; kobiety, ku naszemu zdumieniu, odpowiedziały im ze swojego domu rozwibrowanymi głosami […], przez ponad kwadrans wydawały z siebie tak przenikliwe krzyki, że obserwowaliśmy je w poczuciu pełnej konsternacji. Mało tego, ich wyciu i zawodzeniom towarzyszyły gwałtowne podskoki. Trzęsły piersiami na wszystkie strony, a z ust toczyły pianę. […] Jak mniemam, sam szatan musiał wniknąć w ich ciała, na skutek czego całkowicie poddały się atakowi szaleństwa.

Jednak po jakimś czasie nastrój się zmienił:

> Po serii chaotycznych odgłosów i wrzasków [...] znów rozległ się śpiew. Głosy kobiet rozbrzmiewały harmonią cudownych [...] słodkich, majestatycznych dźwięków. Z początku [...] byłem zdjęty lękiem; teraz doznawałem zadośćuczynienia: słuchając tak różnorodnych, perfekcyjnych harmonii, zwłaszcza w kadencjach i refrenach pieśni, czułem, jak przepełnia mnie radość; stałem oniemiały, nie posiadając się z zachwytu. Za każdym razem, gdy wraca do mnie wspomnienie tamtej chwili, me serce drży, a w moich uszach wciąż rozbrzmiewają ich głosy.

Doświadczony przez los, do tego otoczony przedstawicielami zupełnie obcej kultury, de Léry znalazł chwilowe pocieszenie w muzyce. Jednak dźwięki, które sprawiły mu tyle radości, dla ich twórców z plemienia Tupinambá stanowiły fragment większej opowieści – dramatyczny rozdział naznaczony śpiewem i tańcem, zawierający znacznie więcej burzliwych emocji i stanów przypominających trans, których zwieńczeniem była, najprawdopodobniej, jakaś forma katharsis. Być może Indianie Tupinambá, w przeciwieństwie do ówczesnych Europejczyków, uznawali za wartość dogłębną eksplorację zarówno mrocznych, jak i ekstatycznych wymiarów praktyk religijnych i sztuki.

W niedawnych badaniach intensywnych doznań związanych z muzyką psycholog muzyki Alf Gabrielsson poprosił Szwedów, by opisali charakter swoich przeżyć w tym obszarze. Jak się okazuje, różnorodność ich doświadczeń jest doprawdy niezwykła.

> Uczucie zbliżone do stanu nieważkości można osiągnąć, słuchając takich utworów jak *Champagne Galop* Lumbyego, *Exodus* Boba Marleya i *Pasja według św. Mateusza* Bacha. [...] Wśród metafor ankietowanych znalazły się następujące określenia: płatki śniegu (Bach), kamienne kolumny (Mozart), uchwyt na kadzidło (Beethoven) i rozgrzany toster (Wagner). Odczucia towarzyszące słuchaniu muzyki niektórzy porównują do mrowienia w nogach czy przejażdżki kolejką górską; czasami mają też wrażenie, jakby ktoś ciął ich skórę laserem albo przygwoździł do ławki. Inne rodzaje wrażeń to: satysfakcja, wdzięczność, miłość, powaga, pokora, podziw, ideał, patriotyzm i podniecenie seksualne. Muzyka odbierana jest szczególnie intensywnie w kontekście choroby lub śmierci (na

przykład podczas pogrzebu), a także miłości. Może prowadzić do epifanii diametralnie zmieniających sytuację. Najsilniejszych wrażeń często doświadczają muzycy w trakcie wykonywania utworu: absolutnie zatracają się w tym, co robią, nie odczuwają lęku, tracą poczucie czasu i własnego ja, wpadają w trans, stają się częścią wspólnoty emocji i doświadczają uniwersalnego człowieczeństwa.

John Sloboda, kolejny psycholog muzyki, zaproponował zasady kategoryzujące te odmienne doświadczenia. Kiedy spotkaliśmy się w londyńskiej akademii artystycznej Guildhall School of Music and Drama, opisał trzy kategorie, do których (przynajmniej w społeczeństwach przemysłowych) zaliczają się tego typu przeżycia, i wyjaśnił dlaczego. Na najwyższym poziomie znajdują się doświadczenia szczytowe, tj. bardzo intensywne, zapadające w pamięć momenty, które stają się często punktami zwrotnymi w życiu i o których mówi się latami. Należą do zjawisk rzadkich i w żaden sposób nie da się ich zaplanować; po prostu się wydarzają. Drugi poziom to domena tzw. dreszczy: organicznych reakcji na muzykę często kojarzonych z fizycznymi przejawami emocji, do których zaliczają się na przykład ściskanie w gardle, łzy czy ciarki na plecach. Takie wrażenia występują znacznie częściej niż doświadczenia szczytowe i zazwyczaj są przewidywalne. Większość jest w stanie wskazać konkretny moment w utworze muzycznym – najczęściej dokładnie ten sam – który wywołuje tego typu reakcje: zmiana głośności, rytmu czy tonacji lub poszczególne słowa czy frazy wyśpiewane wyjątkowo emocjonalnie. Z reguły stany te nie trwają zbyt długo. Trzeci rodzaj przeżyć według kategoryzacji Slobody związany jest z doświadczaniem muzyki na co dzień. Ludzie często celowo słuchają utworów lub sami je grają, by wpłynąć na zmianę własnego nastroju – na ogół chcą sobie w ten sposób poprawić humor lub zwyczajnie się ożywić na kilka minut, a nawet godzin. Niektórzy wykorzystują muzykę w tym celu kilka razy dziennie.

Jednym z istotnych wniosków, które płyną z powyższej analizy, przynajmniej w moim odczuciu, jest fakt, że choć momenty szczytowe oraz dreszcze są doświadczeniami pozytywnymi, nie należy bagatelizować korzyści płynących z codziennego obcowania z muzyką i tańcem, chociażby ponieważ dzięki nim możemy, czasem zupełnie przez przypadek, przeżyć chwile metafizycznej doniosłości i celebracji istnienia. W zakończeniu swojej książki *Dancing in the Streets: A History of Collective Joy* Barbara Ehrenreich opisuje uliczną zabawę w Rio de Janeiro. Ludzie tańczyli i śpiewali „bez powodu", jak pisze autorka: „zabawa nie miała charakteru ani religijnego, ani ideologicznego, nie była też nastawiona na zysk finansowy; bawiące się na ulicach osoby robiły coś, co należałoby robić znacznie częściej na naszej zatłoczonej planecie – po prostu korzystały z okazji, by móc celebrować cud symultaniczności naszych istnień". Pierwsza część przytoczonej obserwacji wydaje się nie do końca zgodna z rzeczywistością, bowiem kultura ulicznego świętowania w Rio de Janeiro rozkwita w pełni między innymi dzięki buntowi przeciwko niesprawiedliwości społecznej i przemocy zatruwającej to miasto – innymi słowy, ludzie bawią się nie pomimo przeciwności losu, lecz właśnie by przeciwko nim zaprotestować. Jednak relacja Ehrenreich z karnawału w Rio stanowi swego rodzaju klucz do rozumienia radości, jaką dają muzyka i taniec: chodzi przede wszystkim o **uczestnictwo**[195].

Ja sam próbuję, oczywiście na znacznie mniejszą skalę, obcować z muzyką, śpiewając w lokalnym chórze. Nie mamy może jakichś wybitnych zdolności wokalnych, ale też nie jesteśmy najgorsi, natomiast radość i poczucie spełnienia z podejmowania wspólnego wysiłku z pewnością są nieproporcjonalne w stosunku do poziomu, jaki reprezentujemy. To, co robimy, nie jest działaniem spektakularnym, lecz dla nas to taki mały cud dnia powszedniego. Jesteśmy grupą niedopasowanych, ale z pewnością nieszkodliwych dziwaków – każdy obywatel Rio niechybnie parsknąłby śmiechem na widok naszych podrygów – lubię jednak myśleć, że mamy trochę wspólnego

z Pigmejami Mbenzélé zamieszkującymi lasy deszczowe Konga, którzy nie są biernymi konsumentami muzyki, tylko nieustannie ją tworzą (jak sami mówią), by „uszczęśliwić las".

3. Wieczór

Cudowne doświadczenia we wczesnym dzieciństwie i młodości, podobne do tych z poprzednich części rozdziału, często mają charakter gwałtowny i kojarzone są z silnymi wrażeniami fizycznymi. Jednak istnieje jeszcze jeden wymiar doznania definiowanego przeze mnie jako „prawdziwy" zachwyt – głębokie kognitywne zaangażowanie, **intensywność myśli i uczuć**[196] lub przynajmniej jej zaczątek. Ten wielopoziomowy, wszechogarniający podziw jest wynikiem dostrzegania zarówno tego, co jest, jak i tego, co nie ujawnia się w sposób bezpośredni, czego nie widać na pierwszy rzut oka. Spaja doświadczenie chwili (lub jego wyraźne wspomnienie) z szerszą perspektywą, tym samym nadając sens otaczającej nas rzeczywistości. Ten rodzaj zachwytu nie jest zarezerwowany wyłącznie **dla osób starszych**[197] (zwłaszcza że są wśród nich i tacy, którzy rzadko kiedy, jeśli w ogóle, przeżywają go). Widoczny jest choćby na twarzach dzieci w filmie dokumentalnym Phila Aglanda traktującym o kryzysie ekologicznym w Chinach. Jednak w przypadku dorosłych ów zachwyt może być bardziej wyrazisty, gdyż żyją dłużej i mogą spoglądać daleko wstecz, oddając się refleksji nad tym, co minione.

Jednak dłuższa perspektywa nie zawsze daje powody do radości. W końcu nigdy nie brakowało dowodów na to, że, jak pisał Edward Gibbon, „historia to w rzeczywistości niewiele więcej niż rejestr zbrodni, szaleństw i nieszczęść ludzkości". W rzeczy samej, wiele wskazuje na to, że wszystkie trzy sięgają czasów sprzed pierwszych źródeł pisanych i były szeroko rozpowszechnione w społeczeństwach, o których istnieniu Gibbon nie miał pojęcia.

Spora ilość dowodów świadczy również o tym, że ludzie często zdradzają symptomy zjawiska, które można nazwać „zaprogramowaniem na negatywność". W 2001 roku Roy Baumeister i inni psychologowie przeanalizowali wyniki wielu badań i odkryli, że złe emocje, wrogo nastawieni rodzice i nieprzychylna ocena naszych zachowań przez innych wywierają na nas znacznie silniejszy wpływ niż pozytywne doświadczenia. Do tego złe informacje są przetwarzane dużo bardziej dokładnie i skrupulatnie niż dobre. „Nasze «ja» ze znacznie większą determinacją stara się unikać negatywnych autodefinicji niż szukać pozytywnych. Negatywne wrażenia i negatywne stereotypy powstają o wiele szybciej i są zdecydowanie odporniejsze na wszelkie próby ich zatarcia lub obalenia". Krótko mówiąc, pociąga nas mrok. I dlatego gasimy ogień.

Nade wszystko jesteśmy jednak istotami zdefiniowanymi przez strach. Jak sugeruje pisarka i eseistka Marilynne Robinson, to właśnie on jest stanem domyślnym człowieka. Jej obserwacje wynikają bezpośrednio z doświadczenia, jakim jest życie w Stanach Zjednoczonych, ale według badań źródeł codziennego lęku nie należy upatrywać wyłącznie w konkretnych kulturowych i politycznych uwarunkowaniach. Ciało migdałowate – obszar, który niejako oznakowuje istotne, emocjonalnie obciążone sytuacje i odgrywa kluczową rolę w kodowaniu lęku – działa w zawrotnym tempie, w dodatku poza naszą świadomością. W związku z tym naukowcy spekulują, że ewolucyjnie strach przejął dominującą rolę w psychologii człowieka. Być może nasi odlegli przodkowie, narażeni na ciągłe ataki zarówno ze strony przerażających zwierząt, jak i innych ludzi wiodących drapieżny tryb życia, zostawili nam w spadku **skory do histerii wewnętrzny byt**[198].

Obok lęku druga dominująca siła w naszym życiu to apetyt. Jak zapewniał Arystoteles, „brak miary jest [...] cechą przyrodzoną żądzy, w której zaspokojeniu streszcza się życie wielu ludzi". Niektórzy naukowcy twierdzą, że odkryli neuroanatomiczne podstawy tej teorii.

Nasze mózgi wydają się zaprojektowane w taki sposób, że potrzeby zawsze przewyższają preferencje. Pragnienie i przyjemność przynależą do dwóch odrębnych układów chemicznych. Ten pierwszy obejmuje rozległe obszary i funkcjonuje na znacznie wyższych obrotach, podczas gdy drugi jest zdecydowanie mniejszy i o wiele trudniej go aktywować. Dlatego czasami niełatwo nas zaspokoić – przypominamy wówczas nienasycone maszyny, wiecznie głodne duchy. Tego rodzaju stan może owładnąć nas bez reszty, gdy układy kontrolne mózgu zostaną w jakiś sposób uszkodzone, jak ma to miejsce w przypadku zespołu Klüvera-Bucy'ego, który objawia się niepohamowanym apetytem oraz wzmożonym popędem seksualnym, czasami połączonymi z drażliwością i dekoncentracją. Lecz nawet jeśli nie nastąpi żadne upośledzenie, w **wysoce usieciowionym, hiperkapitalistycznym**[199] świecie nadal jesteśmy wystawieni na działanie ogromnych ilości rozpraszających bodźców, a także na niekończący się łańcuch potrzeb prowadzący do stanu, który filozof Matthew Crawford nazywa „opasłością umysłu". „Ludzkie żądze mają charakter nieokreślony – zapewnia inny filozof, Roberto Unger. – Nie przejawiają cech takich jak intencjonalność i ukierunkowanie, typowych dla pragnień innych przedstawicieli królestwa zwierząt. Jeżeli nawet, jak to bywa w przypadku uzależnień czy obsesji, zafiksujemy się na konkretnym obiekcie, w naszym umyśle przedmiot ów będzie jedynie reprezentował pragnienie, z którym łączy go luźna czy też całkiem arbitralna relacja".

Tak samo jest z nawykiem. „Popadanie w rutynę to coś, w co wkładamy ogromny wysiłek" – zauważa psycholog Vincent Deary. Dzieje się tak dlatego, że szybko się zadomawiamy w życiowych koleinach i czujemy się w nich komfortowo. (Nawiasem mówiąc, być może właśnie to zjawisko stanowi główną przyczynę prokrastynacji, którą psycholog Seth Roberts opisuje jako tendencję do powtarzania w koło tych samych czynności w celu uniknięcia zmiany). Biorąc pod uwagę tę tendencję, przedsiębiorcy opracowują metody, dzięki którym mogą jednocześnie wzmacniać mechanizmy budowania przyzwyczajeń

i je wykorzystywać. Weźmy na przykład pierwszą lepszą popularną aplikację: odnosi sukces, ponieważ tworzy „trwałą rutynę" albo „**pętlę nagrody**"[200], generując potrzebę i dostarczając jej chwilowego zaspokojenia. „Nuda, samotność, frustracja, dezorientacja i niezdecydowanie często wywołują uczucie lekkiej irytacji i skłaniają nas do niemal natychmiastowego, zazwyczaj bezrefleksyjnego działania, które ma stłumić negatywne wrażenie – pisze były projektant gier Nir Eyal. – Stopniowo ten mechanizm się utrwala i przekształca w nawyk: konsumenci sięgają po twój produkt, gdy doświadczają konkretnego wewnętrznego impulsu". Ekonomiści George Akerlof i Robert Shiller wskazują na idealny przykład w postaci automatów do gier w kasynach Las Vegas. Dziesięć lat temu zgony spowodowane zatrzymaniem akcji serca stały się tam poważną plagą, ale z powodu ogromnego tłoku służby ratownicze nie mogły się przedostać do ofiar. „[...] Gdy ratownicy usiłują reanimować gracza, pozostali goście grają dalej, pogrążeni w transie, mimo iż ofiara leży dosłownie pod ich nogami". Zresztą codzienne sytuacje społeczne przedstawiają się podobnie: chodzimy po ulicach wpatrzeni w ekrany smartfonów, sprawdzając wiadomości, zamiast pogadać ze znajomymi, odświeżamy stronę, żeby zobaczyć nowego tweeta, prawie w ogóle nie zwracamy uwagi na otaczającą nas rzeczywistość, przez co częściej omijają nas chwile zachwytu nad światem. Ludzkie pragnienia niekoniecznie mają, jak chce Roberto Unger, nieokreślony charakter, tkwią jednak w bańce filtrującej internetu, a ludzie, cytując pisarza i dziennikarza George'a Monbiota, „pozbawieni płynącej z wnętrza wiedzy, co to znaczy zraniony i uleczony, wyczerpany, stanowczy, zamarzający czy ekstatyczny", tracą podstawowe punkty odniesienia i stają się podatni na neuromarketing, a nawet gorsze formy manipulacji.

„W teorii **wolność**[201] to jedna z najwyższych wartości – twierdzi Stephen Batchelor, pisarz zajmujący się tematyką buddyzmu – jednak w praktyce doświadczamy jej jako oszałamiającej nasz umysł utraty sensu i kierunku". Są też i ci, którzy wszelkie próby osiągnięcia wolności

uznają za działanie godne pogardy. Filozof i eseista Emil Cioran, autor książek noszących tytuły takie jak *O niedogodności narodzin*, uważał, że jest skazany na przeżywanie świata poprzez wieczne znużenie, znudzenie, bezsens istnienia i **buntowniczy gniew**[202] wobec wszystkiego. „Nie warto siebie zabijać, skoro zabijamy się zawsze za późno". Z kolei zdaniem pisarza Michela Houellebecqa – którego mięśnie twarzy sprawiają wrażenie, „jakby wyewoluowały w taki sposób, by wyrażać nieskończenie wiele odcieni rozczarowania", jak to ujął pewien dziennikarz – ludzie postawili na wolność, uznając, iż poszerzanie jej granic zapewni im szczęście, i przegrali zakład.

Jednak żadna generalizacja okrucieństwa, lęku, uzależnienia i innych tego typu problemów nie daje pełnego obrazu ludzkiej natury, gdyż człowiek wciąż znajduje środki i odwagę, by stawiać im czoła. Jak powiedział poeta Rainer Maria Rilke, „jeśli świat pełen jest koszmarów, są to nasze koszmary; jeśli zieje otchłaniami, **otchłanie te należą do nas**[203]; jeśli czają się w nim niebezpieczeństwa, musimy spróbować je pokochać".

Wedle koncepcji przypisywanej Heraklitowi, greckiemu filozofowi urodzonemu w pierwszej połowie VI wieku p.n.e., wszelkie istnienie jest efektem walki przeciwieństw. Egzystencja nowo powstałej całości zależy od balansu pomiędzy przeciwstawnymi napięciami – podobnie jak w przypadku ramion łuku i liry, które pozostają w równowadze dzięki scalającym i rozpierającym je drganiom cięciwy lub struny, poruszającym się naprzemiennie w przeciwnych kierunkach po wprawieniu w ruch. Weźmy na przykład schemat rozwoju ludzkiego organizmu na przestrzeni całego życia. Wiele komórek, nie znajdując na swojej drodze żadnych przeszkód, niepohamowanie pomnaża się i rośnie, zaś w trakcie tego niekończącego się przyrostu niektóre z nich mogą przekształcić się w komórki nowotworowe. Jedynie dzięki ograniczeniu lub zrównoważeniu reprodukcyjnego pędu, poprzez mechanizmy i strategie takie jak zaprogramowana śmierć komórki,

istnieje szansa na prawidłowe funkcjonowanie całości. Innymi słowy, żyjemy w ciągłym napięciu pomiędzy życiem a śmiercią.

Warto poświęcić chwilę również integrującemu charakterowi świadomego doświadczenia, które scala to, co odmienne, w jedną spójną całość. W krótkim wierszu zatytułowanym *Spotkanie* Czesław Miłosz wspomina podróż o świcie przez zamarznięte pola. Nagle drogę przebiega zając, którego dostrzega jeden z podróżnych. Jednak w tym momencie następuje diametralna zmiana tonu: przywołane w pamięci zdarzenie miało miejsce w zamierzchłej przeszłości i ani zając, ani wskazujący go dłonią już dawno nie żyją. Wiersz na kartce przed naszymi oczami w rzeczywistości istnieje w przestrzeni napięcia pomiędzy wspomnieniem czegoś, co zostało bezpowrotnie utracone, a faktem, że mimo to **pamięć**[204] o tamtej chwili wciąż żyje w jego wersach.

Jak zauważa poeta Les Murray, Carl Jung oraz wielu przed nim nazywało doświadczenie integrujące „duszą". Nie chcąc jednak polegać na pojęciu, które w jego odczuciu w wyniku szastania nim na prawo i lewo całkowicie się zużyło, Murray woli określać je swoim „poetyckim ja", łączącym trzy elementy jego powszedniej egzystencji: zwykłą świadomość, tajemną sferę umysłu generującą sny i marzenia oraz ciało.

> W momencie owej fuzji [...] często doświadczam tak intensywnej ekscytacji, że nie mogę w tym stanie wytrzymać zbyt długo, dlatego muszę wstać i wybiec na zewnątrz, by znaleźć chwilę wytchnienia, lecz zaraz wracam po więcej. Wiersz, który piszę w trakcie takiego uniesienia, staje się jego odbiciem – im silniejsze przeżycie, tym lepsza poezja – i będzie je w sobie nosić nawet wtedy, gdy trans minie.

W przypadku dobrego wiersza wewnętrzne zespolenie doświadczane przez autora staje się także udziałem słuchacza lub czytelnika, zaś dzięki zamknięciu w słowach w każdej chwili możemy do niego wrócić i znaleźć w nim pocieszenie, znów odczuwając zdumienie i zachwyt. To

samo dotyczy dzieł z innych dziedzin sztuki, ale nie tylko, gdyż podobny efekt mogą przynieść najbardziej fascynujące historie, które opowiadamy sami sobie – historie o prawdziwym życiu i wyborach, których dokonaliśmy, gdzie wydarzenia rozproszone na rozległej osi czasu łączy jeden ciąg narracyjny, historie o ogromnym ładunku energetycznym niosące głębokie znaczenie.

Weźmy na przykład przypadek Bryana Stevensona, prawnika prowadzącego w Stanach Zjednoczonych kampanię przeciwko zasądzaniu kary dożywocia nieletnim przestępcom, który walczy również o cofanie wyroków śmierci wydanych w wyniku pomyłki sądowej oraz o całkowite zniesienie kary śmierci. W swojej książce *Just Mercy* opisuje wydarzenie, które stało się dla niego źródłem inspiracji – lekcję otrzymaną od własnej matki przed ponad czterdziestu laty, jako dziesięciolatek. W pewien niedzielny poranek, kiedy po mszy bawił się z kolegami, spotkał małego chłopca, który przyjechał w odwiedziny z innego miasta. Przybysz cierpiał na poważne zaburzenia mowy i jąkał się tak bardzo, że nawet nie był w stanie wymówić nazwy swojej rodzinnej miejscowości. Mały Stevenson, nie zetknąwszy się nigdy z jąkającą się osobą, myślał, że chłopiec się wygłupia, i wybuchnął śmiechem. A potem zobaczył swoją matkę, która spoglądała na niego z mieszaniną przerażenia, gniewu i wstydu. „Nigdy więcej nie waż się śmiać z kogoś tylko dlatego, że nie potrafi dobrze wymawiać słów! – skarciła go. – Nigdy więcej tego nie rób!". Stevenson poczuł się zdruzgotany tą krytyką, ale na tym nie koniec, bo za chwilę spadł jeszcze gorszy cios. Otóż matka, ku jego absolutnemu zażenowaniu, kazała mu na oczach kolegów przytulić to obce dziecko i powiedzieć mu, że je kocha. Stevenson podszedł do chłopca i niechętnie objął go ramieniem. W końcu, pod wpływem nacisków rodzica wymamrotał pod nosem, że go kocha. W odpowiedzi przybysz uścisnął go z całych sił i oznajmił: „ja też cię kocham", nie zająknąwszy się przy tym ani razu. „Powiedział to łagodnym, a jednocześnie pełnym gorliwości tonem – pisze amerykański prawnik. – I nagle poczułem, że chyba zaraz się rozpłaczę". Pokłady współczucia, jakie odkrył w sobie tamtego dnia,

legły u podstaw jego życiowej misji: dawania głosu tym, których nikt nie chce wysłuchać.

W tym kontekście warto również wspomnieć teologa Thomasa Berry'ego i jego historię z dzieciństwa w Karolinie Północnej. W wieku 79 lat rozpamiętuje, jak w latach dwudziestych XX wieku, gdy miał najwyżej dwanaście lat, przeprowadził się z rodzicami do nowego domu nad niewielkim potokiem. Po drugiej stronie znajdowała się łąka. „Któregoś popołudnia pod koniec maja po raz pierwszy ruszyłem w dół zbocza, przeszedłem przez strumień i spojrzałem na rozciągający się przede mną krajobraz – pisał Berry. – Pole pokrywały białe lilie, które górowały nad gęstymi trawami. W tamtej **magicznej chwili**[205] doświadczyłem czegoś, co wydaje się tłumaczyć, skąd u mnie ten rodzaj myślenia na znacznie głębszym poziomie. Żadne inne przeżycie nie wywarło na mnie takiego wpływu". I to właśnie tamto doświadczenie stało się dla Berry'ego punktem odniesienia w całym dalszym życiu. „Wszystko, co chroni tę łąkę i czyni ją silniejszą w toku naturalnego cyklu jej przemian, jest dobre; wszystko, co ją neguje i przeciwstawia się jej rozwojowi, nie jest dobre. Tę samą miarę można przyłożyć do gospodarki i orientacji politycznej, jak również edukacji i religii".

Przytoczone fragmenty autobiograficzne, zarówno w przypadku Stevensona, jak i Berry'ego, pisane są z perspektywy wieku, kiedy można spojrzeć wstecz, objąć wzrokiem całe swoje życie i dojrzeć biegnącą przez nie nić sensu. Ten swoisty bilans można przeprowadzić na każdym etapie swojej egzystencji, jednak najczęściej go robimy, gdy mamy świadomość zbliżającego się kresu – w takich momentach istota życia i śmierci objawia nam się klarownie i bezpośrednio. Jak zauważa Raymond Tallis, „poczucie skończoności wyzwala w nas desperackie pragnienie, by odkryć głębszy sens istnienia, by nadać mu bardziej koherentną formę i w całej okazałości uchwycić, by świadomością dorównać światu, w którym żyjemy i który odbieramy na małą skalę, porcjami, fragmentarycznie i sekwencyjnie. Wizja śmierci to groźba,

lecz jednocześnie bodziec i inspiracja, zaś z jej siły mogą korzystać wszyscy, którzy pragną żyć pełnią życia".

Gdy w wieku trzydziestu sześciu lat neurochirurg Paul Kalanithi dowiedział się, że cierpi na nieuleczalną odmianę raka płuc, wraz z żoną Lucy zaczął się zastanawiać, czy w tej sytuacji powinni decydować się na potomstwo. „[...] Nie sądzisz, że konieczność pożegnania się z dzieckiem uczyniłaby twoją śmierć jeszcze bardziej bolesną?" – spytała go, na co odparł: „Ale czy to nie byłoby wspaniałe?". Wybrał **ból**[206] w nadziei, że wraz z nim dane mu będzie doświadczyć czegoś wspaniałego. I rzeczywiście tak się stało. Ponad dwa lata później na krótko przed śmiercią Kalanithi napisał wiadomość do swojej nowo narodzonej, zdrowej córeczki Cady: „Kiedy nadejdzie w twoim życiu jedna z tych wielu chwil, gdy będziesz musiała dać świadectwo siebie [...], błagam cię, nie umniejszaj faktu, że wypełniłaś dni umierającego człowieka radością, jakiej nigdy dotąd nie zaznałem, radością sycącą, która nie łaknie więcej, lecz spoczywa, zaspokojona".

Mądrość wymyka się prostym definicjom. Autorzy jednego z międzykulturowych badań zidentyfikowali sześć składających się na nią komponentów: wiedza praktyczna, system kontroli emocji, zachowania prospołeczne, **wiedza na temat swoich mocnych stron i ograniczeń**[207], stanowczość oraz akceptacja niepewności. Nie ma oczywiście żadnej gwarancji, że z wiekiem stają się one, w mniejszym lub większym stopniu, naszym udziałem. Co więcej, życie wcale nie musi być długie, by było wypełnione mądrością i szczęściem. „Źródłem nieocenionej radości jest to, iż mimo mego niskiego pochodzenia dane mi było poznać cuda tego świata i się nimi rozkoszować" – pisał Thomas Traherne, który zmarł na ospę w wieku trzydziestu siedmiu lat. Jednak do niektórych ludzi mądrość może przyjść, i rzeczywiście przychodzi, z wiekiem. Być może bliżej śmierci, choć jeszcze wciąż na tyle daleko, by nie czuć jej oddechu na karku, łatwiej nam oddzielić się od własnego ja, zanurzonego w tu i teraz, i przybrać postawę obserwatora **wszystkiego, co jest**[208]. „Najpiękniejszą cechą naszych umysłów – pisze Carl Safina

– jest jednak to, że od czasu do czasu potrafimy się od nich zdystansować, spojrzeć nie tylko na swoje odbicie w lustrze, ale na siebie samych z pewnej odległości".

„Jaką walką i jakim bólem okupione było nasze przyjście na ten świat, tego nam wiedzieć niepodobna – stwierdził Thomas Browne – jednakże z reguły nie jest rzeczą łatwą opuszczenie tej krainy". Niewiele osób ma tyle szczęścia co David Hume, który na krótko przed śmiercią w 1776 roku pisał, że pomimo pogarszającego się zdrowia nigdy nie podupadł na duchu; co więcej, wciąż czuł taki sam zapał do studiowania ksiąg, zaś towarzystwo innych nadal było dla niego źródłem radości. Do podobnego stanu mógł zbliżyć się lekarz Oliver Sacks, który tuż przed śmiercią w 2015 roku pisał o tym, że spogląda na swoje życie jakby z lotu ptaka i ma głębokie poczucie, że wszystkie jego elementy łączą się w całość. Dla tych, którym analityczne myślenie sprawia coraz większe trudności, należałoby, zdaniem pisarki Jenny Diski (która sama odeszła w 2016 roku), opracować coś w rodzaju prostego przewodnika. Sugerowała, że skoro piszemy książeczki pomagające najmłodszym nauczyć się nazw przedmiotów, czynności i cech, a co za tym idzie, oswoić świat, w którym znalazły się zupełnie znienacka, powinniśmy także stworzyć analogiczne publikacje dla osób stopniowo tracących język i pamięć. „Książeczka dla dzieci to historia o wchodzeniu w świat. Książka dla osób w podeszłym wieku to opowieść o odchodzeniu. Dlatego musi być **najpiękniejszą**[209] książką, jaką kiedykolwiek stworzono".

Badanie przeprowadzone w hospicjum w Buffalo (w stanie Nowy Jork) wykazało, że prawie wszyscy nieuleczalnie chorzy pacjenci tuż przed śmiercią mieli wizje lub sny. Jak wynikało z ich relacji, większość z nich przynosiła umierającym pocieszenie, choć w przypadku jednej piątej miały odwrotny skutek. Z kolei według innej analizy przedśmiertne sny wyrażają gromadzone wewnątrz emocje i zarówno pozytywne, jak i negatywne wizje, zwykle łączone z nierozwiązanymi problemami z przeszłości mogą zaatakować ze zdwojoną siłą. Często

pojawiają się w ostatnich godzinach przed końcowym delirium lub całkowitą utratą przytomności. Mentalna podróż przez owe majaki wynika z potrzeby ostatecznego rozstrzygnięcia, wybaczenia i miłości – albo tej, którą darzyliśmy innych, albo tej, której im skąpiliśmy. Nawet dla Edypa, najbardziej nieszczęśliwego z ludzi, koniec (przynajmniej w wyobraźni Sofoklesa) ma w sobie rys piękna, gdyż umierającego króla przepełniają spokój i miłość do córki.

Szkic *Aún aprendo* [Wciąż się uczę] Francisca Goi z około 1826 roku. Z wiekiem nasz mózg nieuchronnie zwalnia. Stopniowo tracimy umiejętność przeprowadzania mentalnych operacji, zmniejsza się także wydajność naszej pamięci epizodycznej oraz efektywność funkcji wykonawczych. Jednak dwie zdolności zdają się zanikać wolniej od innych: rozumowanie oraz procesy poznawcze bazujące na wcześniejszym doświadczeniu. Zazwyczaj szczyt formy osiągają, gdy jesteśmy w wieku od czterdziestu do pięćdziesięciu lat i czasami utrzymują się tak długo, jak długo pozostajemy aktywni umysłowo.

W *Burzy* Shakespeare'a najbardziej niezwykłym elementem wcale nie jest brutalna magia Prospera kojarzona z nocnymi grzybami i trzeszczącą maszynerią teatralną, tylko miłość pomiędzy córką

czarodzieja, Mirandą, i synem jego wroga, Ferdynandem. Zakochani są w stanie zostawić za sobą przeszłość i zacząć wszystko od nowa. Z kolei Prospero, który godzi się z własną śmiertelnością i **skończonością wszystkich rzeczy tego świata**[210], osiąga stan, w którym potrafi wybaczyć i dać coś z siebie, usuwając się w cień i zapewniając następnemu pokoleniu możliwość rozwoju.

Dwa spośród doświadczeń dnia codziennego napawają mnie, jako rodzica, zachwytem: bieganie z córeczką po lesie i obserwowanie, jak śpi. Kiedy spędzamy razem czas, dzielimy radość istnienia i wspólnej zabawy. A gdy spoglądam na delikatnie falującą przy każdym oddechu pierś tej nowej istoty, przepełnia mnie podziw podszyty lękiem, bo wiem, że i piękne życie, i miłość, którą wobec niego czuję, przeminą na wieki.

6

O MAPACH I SNACH

Świat

Nie będziesz czerpał radości prawdziwej ze świata dopóty, dopóki twoimi żyłami nie popłynie ocean, nie przyobleczesz się w nieboskłon, a na twej głowie nie spocznie korona z gwiazd.

Thomas Traherne

Nasza droga powrotna do świata wiedzie przez mnogość dróg alternatywnych.

Tim Robinson

**Nie istnieje coś takiego jak dom.
A mimo to w nim żyjemy, ty i ja.**

Philip Hoare

Kiedy miałem osiem lat, uwielbiałem ślęczeć nad starymi atlasami w domu moich dziadków. Wymyślałem sobie krainy i historie, daleko wykraczając poza granice mojego małego świata. Lubiłem też chodzić do ogrodu, odkręcać kran, który znajdował się na samym szczycie lekko pochyłej ścieżki, i patrzeć, jak strugi wody spływają, wijąc się między kamieniami. Wyobrażałem sobie, że z bardzo wysoka spoglądam na mapę wielkich rzek przecinających dzikie

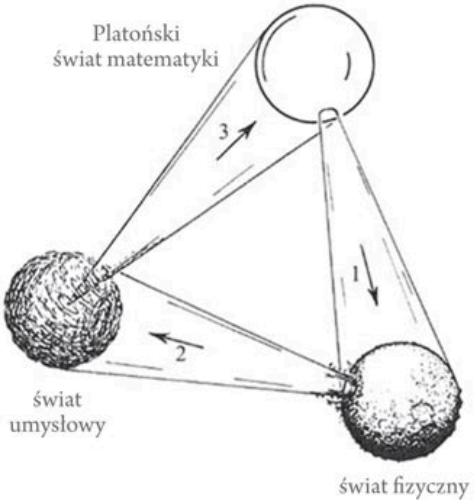
krajobrazy i jak to kiedyś będę podróżował do takich miejsc i na własne oczy oglądał wszystkie te cuda.

Tego typu dziecięce fantazje wyrastają z tego samego podłoża co pragnienie, które zrodziło pradawne, nieprzemijające wizje latania – pragnienie, by poznać świat. W kulturze Ewenków albo, jak sami siebie nazywają, „reniferowych ludzi", początkujący szamani rozwijają zdolności, które myśliwi zdobywają na ziemi, zanurzając się w marzeniach sennych pozwalających im swobodnie szybować w przestworzach i śledzić wędrówki migrujących zwierząt. Z kolei Indianie Yanomami zamieszkujący lasy Amazonii w trakcie rytuału inicjacyjnego wzbijają się wysoko w niebo, ponad korony drzew, gdzie poznają duchy lasu, a także odnajdują swoje własne miejsce we wszechświecie. „[Moja] myśl rozprzestrzenia się wszędzie: pod ziemią, pod wodą, ponad kopułą nieba, docierając do najodleglejszych zakątków świata" – mówi Davi Kopenawa, członek starszyzny plemienia Yanomami.

W kulturach przedrolniczych szamani badali tereny, które chcieli poznać, poprzez wizje lub świadome sny. Współczesny człowiek jako przedstawiciel zaawansowanego technologicznie społeczeństwa korzysta w tym celu z mapy – graficznej reprezentacji świata i zachodzących w nim zjawisk, która ułatwia przestrzenne rozumienie rzeczy, konceptów, warunków, procesów lub wydarzeń. Trudno jednak wyznaczyć wyraźną granicę pomiędzy mapą a wyobrażeniem zbudowanym na kanwie snu lub marzenia, ponieważ mapa, niezależnie od tego, jak bardzo obiektywnym tworem się wydaje, to wciąż tylko interpretacja, narzędzie, za pomocą którego po omacku badamy nieznane.

Mapy mogą wyrażać nasz zachwyt nad światem, mogą ukazywać cuda wzbudzające zdumienie, ale i same bywają przedmiotem godnym podziwu. Bowiem zachwyt, jak twierdzi Philip Fisher, rodzi się w chwili, gdy szczegół dostrzeżony na skali mikro łączy się z obrazem w skali makro, to, co intymne, sytuując obok tego, co kosmiczne.

Dokładnie na tej samej zasadzie działają mapy. Nawet jeśli wykonujemy tak prozaiczną czynność jak szukanie konkretnej trasy w internecie, możemy w tym samym czasie odbywać mentalną podróż do każdego miejsca na naszym globie, spoglądając w dół z boskiej wręcz perspektywy, którą jesteśmy w stanie dowolnie zmieniać. „Mapa w tak doskonały sposób pozoruje rzeczywistość – pisze historyk Jerry Brotton – by ten, kto na nią patrzy, uwierzył choć na moment, że widzi Ziemię z góry, jakby unosił się w powietrzu".



Podobnie gdy śnimy na jawie, cały świat zewnętrzny w jakiś sposób uobecnia się w naszym umyśle. Już sama świadomość tego faktu wprawia w zdumienie, co dobitnie wyraził William James pytaniem: „[Jak świat, w którym jestem], może być jednocześnie poza mną i wewnątrz mnie: w mojej głowie i w moim doświadczeniu?". Zdaniem wielu osób wciąż nie znamy odpowiedzi, choć ostatnio słyszałem, jak Roger Penrose, brytyjski fizyk i matematyk, formułuje intrygujący wniosek: jego zdaniem to jest tak, jakby istniały trzy odrębne, równie rzeczywiste światy, z których każdy w jakiś sposób obejmuje pozostałe. Pierwszy to świat matematyki – nieskończony i niczym nieograniczony, zdaniem Penrose'a podążającego tropem Platona ma całkowicie realny wymiar. W obrębie jego granic istnieje kolejny – fizyczna rzeczywistość, do której objaśnienia wystarczy stosunkowo niewielki zestaw równań. I wreszcie wewnątrz tej fizycznej rzeczywistości, a jednocześnie za jej

sprawą, funkcjonuje świat bytów obdarzonych świadomością, na który składają się ich doświadczenia. Owe świadome istoty (a przynajmniej te, które dobrze sobie radzą w naukach ścisłych) są w stanie ogarnąć umysłem zewnętrzny świat matematyki. W efekcie każda z tych rzeczywistości, na zasadzie niekończącego się zapętlenia, wchodzi w skład poprzedniej, jednocześnie obejmując następną – tym samym koncepcja Penrose'a stanowi odpowiednik jego słynnego trójkąta określonego mianem „niemożliwości w czystej postaci".

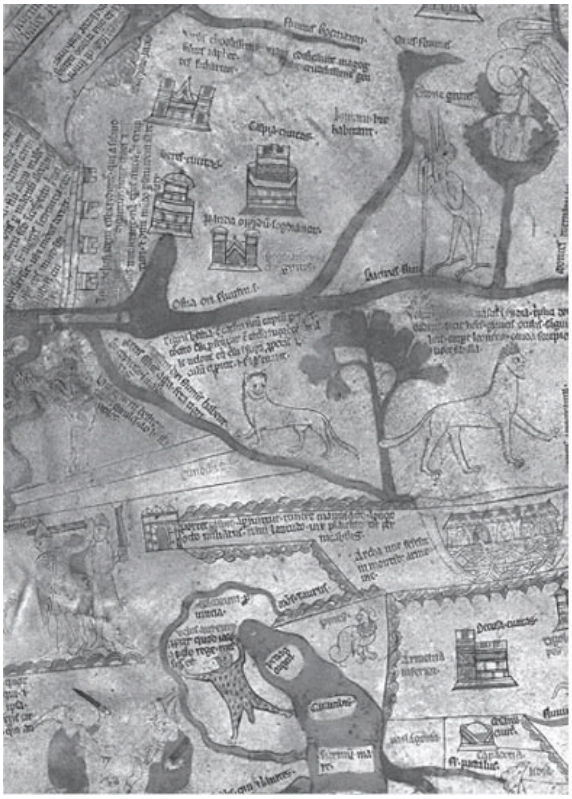
Odległe zwierciadło

Mapy, podobnie jak sny i marzenia, mogą się bardzo rozmijać z rzeczywistością, a mimo to prowadzić do niezwykłych odkryć. Wyruszając w rejs w 1492 roku, Krzysztof Kolumb korzystał z mapy bazującej na założeniach starożytnej kartografii, z całkowicie błędnie oszacowaną długością obwodu Ziemi: według tych obliczeń odległość z zachodu Hiszpanii do Chin miała wynosić zaledwie 3700 kilometrów – dziś już wiemy, że trzeba pokonać 19 600 kilometrów – i stąd pomyłka podróżnika, który myśląc, że dotarł do Indii, w rzeczywistości wylądował na Kubie.

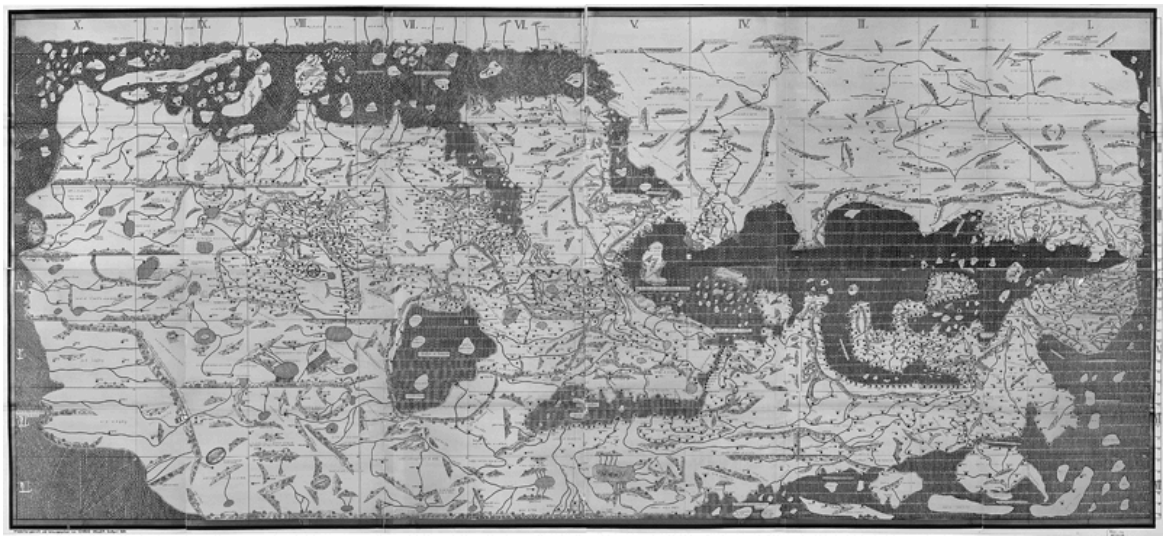
Średniowieczne mapy Europy były zazwyczaj jeszcze bardziej niedokładne niż ta, z której korzystał Kolumb, a mimo to można się z nich dowiedzieć znacznie więcej, niż by się mogło wydawać. Jedną z moich ulubionych jest wielka *mappa mundi* znajdująca się w katedrze w Hereford – sporządzono ją około 1300 roku, co oznacza, że jest zaledwie o kilka lat starsza od *Boskiej komedii* Dantego. Jej współczesna, wykonana w jasnych barwach reprodukcja wisi nad moim biurkiem, ale i tak odbyłem podróż do Hereford, żeby zobaczyć zbrązowiały ze starości, umieszczony w pogrążonej w półmroku wnęce oryginał. Na pierwszy rzut oka nie wydaje się specjalnie piękna, lecz kryje w sobie istny gąszcz zagadek i niespodzianek.

Na mapie z Hereford ocean **otacza**[211] świat, który wygląda zupełnie inaczej niż dziś. Zgodnie z panującym w tamtych czasach obyczajem Wschód – siedziba wschodzącego Słońca i raju – znajduje się u góry, a w centrum widać Jerozolimę. Poza granicami królestwa ziemskiego, na samym szczycie, siedzi Chrystus dokonujący sądu ostatecznego. W lewej dolnej ćwiartce oraz bezpośrednio pod Jerozolimą rozciągają się Europa i Morze Śródziemne, które stają się rozpoznawalne pod warunkiem, że dostroimy swoją percepcję do przyjętych na mapie kierunków (albo przechylimy głowę na lewą stronę).

Jednak większość lądu, zwłaszcza Afryka i Azja, jest zniekształcona w stopniu uniemożliwiającym identyfikację, którą dodatkowo utrudniają liczne wizerunki zwierząt, potworów i ludzi. Widoczna na mapie legenda zawiera opisy przedstawionych na niej stworzeń. I tak ryś widzi przez ściany, zaś jego genitalia skrywają drogocenny karbunkuł. Mantykora ma trzy rzędy zębów, twarz człowieka, ciało lwa, ogon skorpiona i głos syreny. Na wpół ludzkie istoty, takie jak *panotti* – mityczna rasa przypominających nietoperze ludzi z ogromnymi, opadającymi uszami – zamieszkują Azję, podobnie jak *spopodes* wyposażone w końskie kopyta. *Agriophani Ethiopes* żywią się wyłącznie mięsem panter i lwów, a ich król ma jedno oko pośrodku czoła. Przedstawicieli mitycznego ludu Astomi znad Gangesu przy życiu utrzymuje zapach jabłek, a jeśli do ich nozdrzy dotrze jakakolwiek inna woń, umierają. Arimaspowie toczą z żyrafami walki o diamenty. Całkowicie ludzcy, aczkolwiek równie przerażający co mityczne stwory Scytowie kochają wojnę, piją krew swoich wrogów, tryskającą strumieniami z ran, a z ich czaszek robią puchary. Całkowitym przeciwieństwem tej społeczności są Hiperborejczycy, przedstawiciele najszczęśliwszej rasy ludzkiej na Ziemi: wiodą beztroskie życie wolne od waśni i chorób, i dopiero kiedy sami poczują nasycenie ziemską egzystencją, kładą jej kres, rzucając się ze skały do morza.



Mappa mundi.

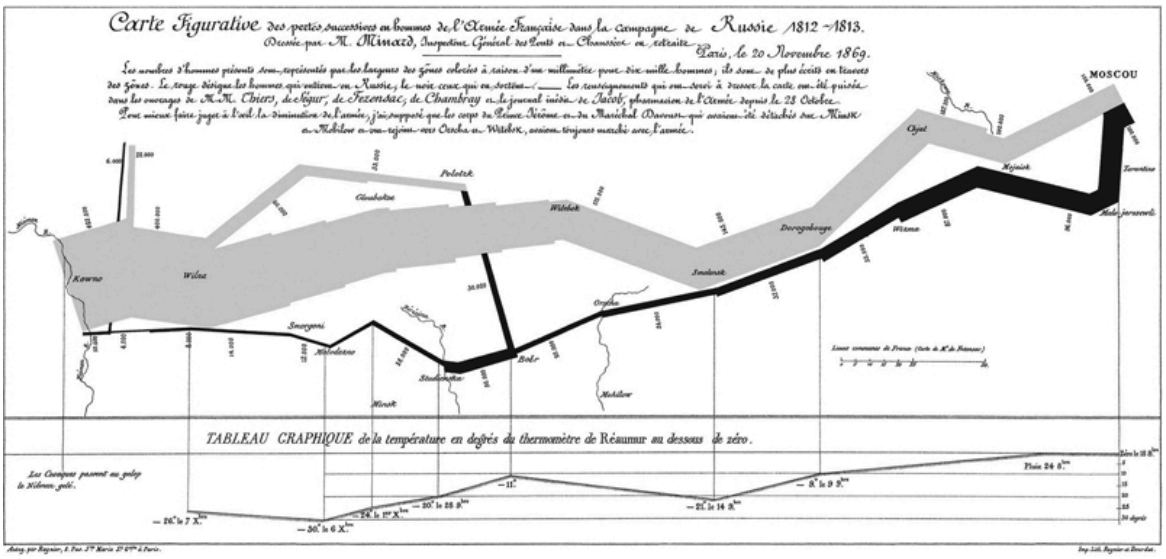


Księga Rogera Muhammada Al-Idrisiego.

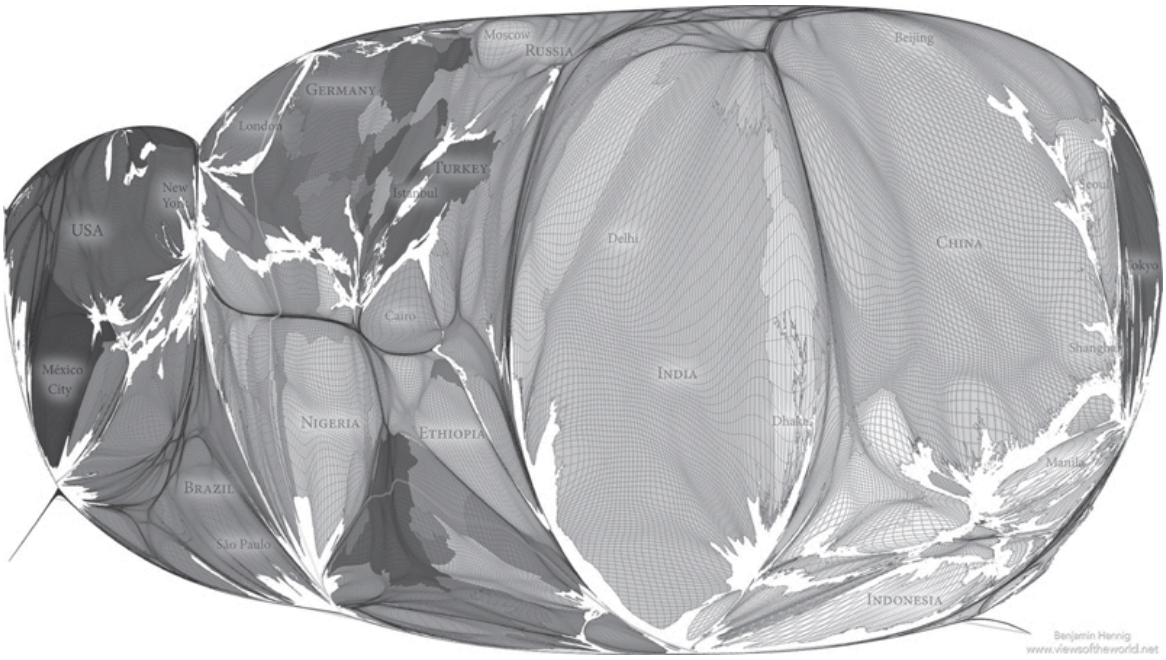
Szkice oraz barwne opisy, które w swoim czasie budziły zachwyt, współczesnemu odbiorcy mogą wydać się dość osobliwe. Jako całość mapa jest przedmiotem fascynującym i doprawdy uroczym, jednak jako przewodnik po rzeczywistości wydaje się równie bezużyteczna co kwadratowa mapa nieruchomej Ziemi (*Map of Square and Stationary Earth*) autorstwa Orlanda Fergusona, wyznawcy teorii płaskiej Ziemi z Dakoty Południowej, który szczyt popularności zdobył w latach dziewięćdziesiątych XIX wieku. W tym akurat przypadku negatywny odbiór epitetu „średniowieczny" wydaje się uzasadniony, gdyż twórcy wielkiej mapy wykazali się zupełną ignorancją wobec wiedzy zdobytej dzięki wysiłkom przedstawicieli świata starożytnego, z której ewidentnie robiono użytek jeszcze niecałe dwieście lat wcześniej. Przykładem jest choćby opracowany w 1154 roku przez Muhammada Al-Idrisiego, arabskiego geografa na dworze króla Sycylii Rogera II, wielki opis świata, znany jako *Księga Rogera*. Na dołączonej do niego mapie, wzorowanej na starożytnym greckim oryginale, kształty i wymiary lądu otaczającego basen Morza Śródziemnego, Półwyspu Arabskiego oraz większości zachodniej Azji są zaskakująco zbliżone do ich współczesnych przedstawień.

Jednak pod pewnymi względami mapa z Hereford jest znacznie bardziej wyrafinowana, niż się nam wydaje. Jerry Brotton zwraca uwagę, że jej płaska, nieruchoma powierzchnia przedstawia czwarty wymiar, czyli czas. Na linii prowadzącej ze wschodu na zachód (tj. z góry na dół) ujęte zostały dzieje ludzkości, począwszy od stworzenia świata i raju, przez historię kolejnych królestw, od Babilonu po krainy znajdujące się na zachodzie ówczesnej Europy. Z tej perspektywy można powiedzieć, że stanowi ona swego rodzaju prototyp tak cenionych dziś map, których siła tkwi nie w wiernym, proporcjonalnym odwzorowaniu faktury i kolorów ziemi, ale w odsłanianiu tego, co na pierwszy rzut oka ukryte, lub twórczym podkreślaniu pewnych aspektów. Na przykład mapa geologiczna Williama Smitha z 1815 roku przedstawia warstwy skalne Anglii, Walii i niektórych obszarów Szkocji w postaci jaskrawych falistych pasów, które przywodzą na myśl

zdobione techniką ebru wyklejki w starych książkach. Kolory wybrane przez Smitha mają się nijak do rzeczywistych barw, jednak jego dzieło, odsłaniające rozległą krainę głębokiego czasu we wnętrzu Ziemi, przyczyniło się do zrewolucjonizowania geologii, a co za tym idzie, wiedzy dotyczącej początków życia na naszej planecie. Rozwój kartografii postępujący dzięki innym wynalazkom sprawiał, że mapy stawały się coraz lepszym narzędziem prezentowania informacji. Na przykład wizualizacja inwazji Napoleona na Rosję w 1812 roku stworzona przez inżyniera Charlesa Josepha Minarda w 1869 roku zawiera dane z sześciu różnych kategorii ukazane w dwóch wymiarach (liczba żołnierzy; odległość, którą pokonały wojska; temperatura; długość i szerokość geograficzna; kierunek przemarszu wojska oraz lokalizacja armii w danym czasie). Infografika Minarda stanowiąca, między innymi, ilustrację zbrodniczej działalności człowieka, która pochłonęła tysiące ludzkich istnień, ukazuje również potencjał kryjący się w kartografii tematycznej i statystycznej, dzięki której możliwa jest graficzna reprezentacja nieoczywistych, niedostrzegalnych na pierwszy rzut oka zjawisk. Mapy przekształcające obraz danego regionu czy całego kraju (na przykład pod względem rozmiaru) w zależności od zmiennych takich jak populacja czy działalność gospodarcza również pomagają nam odczytywać te aspekty otaczającego nas świata, których inaczej nie bylibyśmy w stanie zobaczyć. Mapa sporządzona przez Bena Henniga w 2015 roku, która przedstawia kraje w wielkości odzwierciedlającej ich obecną liczbę mieszkańców, jest uderzająco podobna do średniowiecznej *mappa mundi*.



Mapa Minarda.



Współczesna *mappa mundi* autorstwa Benjamina Henniga.

Kolejną przemawiającą do współczesnego odbiorcy cechą mapy z Hereford jest obecność dziwacznych, choć rzeczywistych stworzeń, jak w naszym świecie. Przyroda obfituje w zadziwiające formy życia, które dopiero powoli zaczynamy rozumieć. Wystarczy choćby kilka przykładów z królestwa mniejszych zwierząt: przedstawiciel gatunku

Cladonota, czyli owad z rodziny zgarbowatych, ma grzbiet wygięty w kształt półksiężyca, którego rogi niemal się stykają. Malezyjskie mrówki eksplodujące w obliczu zagrożenia kurczą swoje ciało, w wyniku czego zgromadzony w ich organizmie jad zaczyna wrzeć i wybucha, oblewając wroga. Z kolei ślimaki lądowe co najmniej siedmiu gatunków są tak małe, że mogłyby się przecisnąć przez ucho igielne.

Co więcej, przedstawianie fałszywego obrazu i demonizowanie obcych ludzi wcale nie skończyło się wraz ze średniowieczem. W grudniu 2001 roku, kiedy amerykańska armia wraz z wojskami sojuszniczymi zaczynała trzeci miesiąc walk w Afganistanie, jednocześnie przygotowując się do inwazji na Irak, na okładce „New Yorkera" wydrukowano mapę ukazującą Nowy Jork jako Nowojorkistan podzielony na terytoria plemienne, jakie można zobaczyć na mapach kolonialnych środkowej lub południowo-zachodniej Azji. Manhattan zasiedlony był przez Sztukofilonów, Centralparkistanów, Bulimikonów, Psychoterapeutonów, Mamonów i Nudników. Na Brooklynie prym wiedli mieszkańcy Hiphopabadu, Kandibarbadu i Zapomnijstanu. Queens zamieszkiwali Narzekacze, Kwękacze, Irytajczycy i Tyradyjczycy. (W innym wieku i w zupełnie innym kontekście Ambrose Bierce stwierdził podobno, że „wojna to lekcja, której Bóg postanowił udzielić Amerykanom, żeby nauczyć ich geografii". Obecnie, tj. w 2017 roku, Amerykanie mają ponad osiemset ogromnych baz wojskowych w kilkudziesięciu krajach, co świadczy o tym, że chyba się jeszcze nie nauczyli).

Jeżeli więc mapa z Hereford wydaje się nam dziś prymitywna, a do tego pełna błędów, powinniśmy mieć na uwadze, że wiele z dzisiejszych prób przeniesienia rzeczywistości na siatkę kartograficzną nie zrobi dużo lepszego wrażenia na przedstawicielach przyszłych pokoleń. Mamy jednak na koncie co najmniej jedną globalną nauczkę wynikającą z ignorowania map: dziś już wiemy, jakie skutki przyniosło zbagatelizowanie przez naukowców map zawierających dane dotyczące dziury ozonowej nad Antarktydą. Mapy mózgu od strony wizualnej są

często imponujące, a działanie większości jego obszarów nadal pozostaje niezbadane i niewyjaśnione. Wszechświat także doczekał się wielu map, ale też i w tej materii jest to zaledwie pierwszy krok, nie znamy bowiem większości szczegółów, nie mówiąc o tym, że nie mamy pojęcia, co znajduje się za jego widzialną krawędzią. Podobnie jak twórcy średniowiecznych map, wciąż tkwimy pośrodku oceanu niewiedzy.

Źródła map i snów

Gdzie zaczyna się mapa? Wiele zwierząt posiada wrodzony instynkt nawigacyjny, dostęp do świata, który sprawia, że przynajmniej pod tym względem wyglądamy przy nich na istoty dość ograniczone. Łososie potrafią z odległości setek kilometrów wyczuć zapach lub smak zaledwie kilku cząsteczek pochodzących z ich rodzinnej rzeki i wykorzystując je w charakterze drogowskazu, wrócić z otwartego morza do domu. Całe grono stworzeń, począwszy od insektów, na białuchach arktycznych skończywszy, odczytuje słabe **pola magnetyczne**[212] Ziemi. Motyl zwany monarchą odbywa wielopokoleniowy lot z Meksyku do Gór Skalistych, pokonując trasę o długości tysiąca pięciuset kilometrów. W trakcie wędrówki na północ trzyma kurs, określając swoją pozycję względem Słońca na podstawie pory dnia, roku oraz szerokości geograficznej. (Ten schemat egzystencji, który na przestrzeni tysięcy lat wyewoluował z subtelnej interakcji pomiędzy siłami przyrody, być może nie przetrwa, gdyż motyl monarcha jest dziś gatunkiem zagrożonym). Żółwie karetta potrafią nawigować po oceanie, wykorzystując lokalne pola magnetyczne. Ich trasy wynoszące ponad dziesięć tysięcy kilometrów kończą się dokładnie w tym samym miejscu, w którym się zaczęły – bez problemu wracają do punktu startowego, ponieważ bezbłędnie rozpoznają sygnaturę magnetyczną danego fragmentu linii brzegowej (nawiasem mówiąc, żółwie karetta również należą do grupy gatunków

zagrożonych). Rudziki potrafią utrzymać stan splątania kwantowego w swoim narządzie wzroku znacznie dłużej niż najlepszy układ laboratoryjny w temperaturze oscylującej wokół zera absolutnego i wykorzystać go do namierzenia pola magnetycznego Ziemi. Orzechówka popielata, ptak ważący zaledwie sto czterdzieści gramów, przechowuje w swojej głowie ponad dziesięć tysięcy precyzyjnych map. Szlamnik zwyczajny wykluwa się z jaja na Alasce, po czym obiera kurs na Nową Zelandię i nie zważając na wichury i huragany, pokonuje całą trasę bez ani jednego przystanku.

Nasi najstarsi przodkowie należeli do kultury zbieracko-rybacko-łowieckiej, toteż im większą posiadali wiedzę na temat pór oraz miejsc kwitnienia roślin i migracji zwierząt, tym bardziej rosły ich szanse na przeżycie. Mutacje genetyczne oraz wyuczone zachowania, dzięki którym rozwijali umiejętność przemieszczania się o odpowiedniej porze do odpowiedniej lokacji w poszukiwaniu korzonków i jagód lub w celu wytropienia zwierzyny łownej, prawdopodobnie przyczyniły się do wzrostu liczby potomstwa osiągającego wiek reprodukcyjny. Musieli przemierzać krótsze lub dłuższe dystanse, zapamiętywać trasę, będąc w stanie ciągłej gotowości w razie niespodziewanych komplikacji. Jednak ich przetrwanie zależało również od przekazywania zdobytej wiedzy dzieciom i pobratymcom, by i ci mogli tworzyć własne kognitywne mapy.

Zdolność dzielenia się informacją dotyczącą lokalizacji oddalonych obiektów nie jest wyłącznie ludzka. Pszczoły miodne opisują kierunek oraz odległość dzielącą je od źródła jedzenia za pomocą specjalnego tańca. Co więcej, niektóre sposoby nawigowania stosowane przez naszych przodków niewiele różniły się od metod odnajdywania drogi na przykład słoni przemieszczających się po rozległych sawannach, a także na obszarach leśnych i bagiennych. Każdego roku przywódczynie stada muszą **odtworzyć**[213] trasę, którą bezpiecznie wędrowały w przeszłości, i w trakcie podróży przekazać tę wiedzę swoim młodym. Jednak w którymś momencie ewolucji nasi przodkowie

nauczyli się robić coś, czego, o ile nam wiadomo, nie potrafi żadne inne zwierzę, a mianowicie opanowali sztukę tworzenia materialnych symboli zawierających złożone informacje na temat lokalizacji danego obiektu w czasie i przestrzeni. Owa umiejętność rozwinięta na bazie gestów i języka pozwoliła stworzyć pierwsze mapy w postaci rys czy barwnych plam na ziemi lub skale, otwierając tym samym drzwi do nowych opowieści, snów i marzeń.

Mało prawdopodobne, byśmy kiedykolwiek zidentyfikowali dokładny moment, w którym człowiek zaczął przekształcać przedmioty materialne w symbole. Nadawanie symbolicznego wymiaru zjawiskom występującym w przyrodzie być może sięga czasów sprzed *Homo sapiens*. Wiele wskazuje na to, że trzy miliony lat temu pewien hominin zamieszkujący tereny Afryki Południowej znalazł fragment czerwonego jaspisu, którego powierzchnia w wyniku erozji przybrała formę przypominającą twarz – dziś ów obiekt znany jest jako kamień z Makapansgat lub „kamyk o wielu obliczach" – i zabrał go ze sobą do domu oddalonego o kilka kilometrów od miejsca znaleziska. Na podstawie niezwykłego odkrycia dokonanego w 2015 roku, również w Afryce Południowej, naukowcy wywnioskowali, że przedstawiciele gatunku *Homo naledi*[214], odległego kuzyna anatomicznie współczesnego człowieka, od którego byli jednak znacznie mniejsi, sporo wysiłku wkładali w pochówek zmarłych, umieszczając ich zwłoki w głębokich, trudno dostępnych jaskiniach. Tego typu rytuał świadczy o zdolności myślenia symbolicznego.

Trzy tysiące lat temu ludzie wytwarzali już perfekcyjnie symetryczne **głowice toporów**[215] z precyzją, która zdaniem archeologów z czysto utylitarnego punktu widzenia nie była wcale konieczna. Odkrycie, którego we francuskiej jaskini dokonali naukowcy w 2016 roku, robi równie ogromne wrażenie co znalezisko związane z rytualnymi obrzędami *naledi*: jak się okazuje, 176 tysięcy lat temu neandertalczycy odrywali ze sklepienia groty stalaktyty i budowali z nich półkoliste palisady, za którymi rozpalali ogień. Nikt nie wie, w jakim celu to robili,

jednak czynność ta musiała w mniejszym lub większym stopniu mieć związek z zachowaniami symbolicznymi lub rytualnymi. Z kolei przedmioty znalezione w jaskini Blombos na południowym wybrzeżu Republiki Południowej Afryki, liczące od stu do siedemdziesięciu tysięcy lat, świadczą o tym, że anatomicznie współczesny człowiek ozdabiał swoje ciało. W najstarszej na świecie „pracowni malarskiej" odkryto pędzle z kości zwierząt i palety z muszli suchotków, w których mieszano barwniki – sproszkowaną ochrę, szpik kostny i węgiel drzewny – z wodą, tworząc barwne mazidła. Znajduje się tam również fragment ochry pokryty ornamentem w postaci geometrycznego rzeźbienia, którego wiek szacuje się na siedemdziesiąt pięć tysięcy lat, a także muszle ślimaków z otworami wskazującymi, że robiono z nich koraliki. I choć dowody działalności wczesnych przodków człowieka wciąż kryją wiele niewiadomych (gdy piszę te słowa, przedział czasowy odprawiania rytuałów pogrzebowych przez *Homo naledi* wciąż nie jest potwierdzony), bez wątpienia doceniali wagę rytuału i byli wrażliwi na piękno.

Gwiezdne szlaki

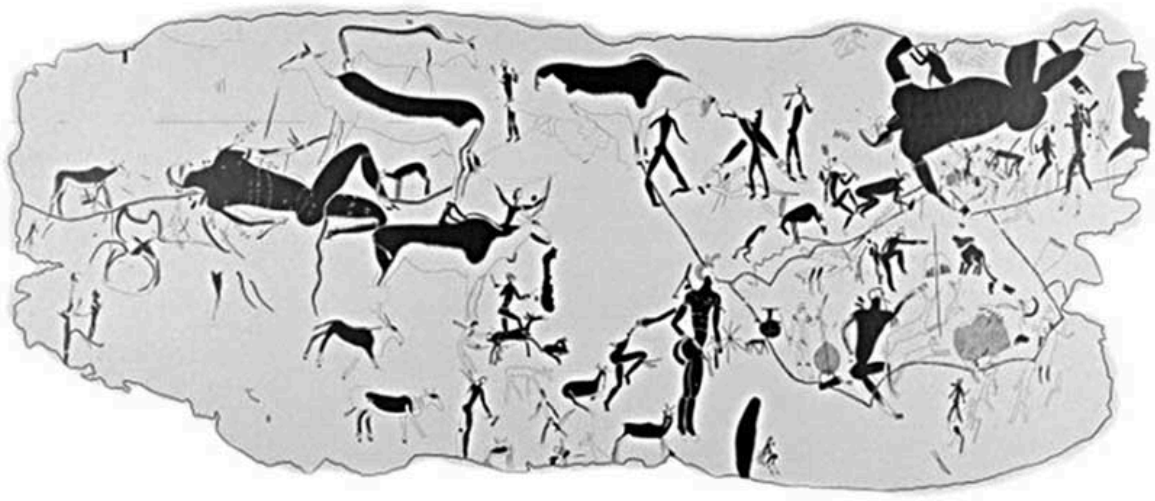
Najstarszy prototyp mapy – grafika przedstawiająca górę, rzekę, doliny i ścieżki otaczające Pavlov na terenie współczesnych Czech – widnieje na ścianie jaskini, gdzie powstał 25 tysięcy lat przed naszą erą. Fragment wypolerowanego piaskowca z groty znajdującej się na obszarze hiszpańskiej prowincji Navarra, który ma około 16 tysięcy lat, pokrywają podobne obrazy; dodatkowo wyryte są też na nim wizerunki zwierząt. Jednak najstarszymi zabytkami kartografii mogą być mapy gwiazd. Na przykład kropki namalowane około 16,5 tysiąca lat przed naszą erą na ścianach jaskini w Lascaux układają się w kształt trójkąta letniego, w którego skład wchodzą Deneb, Altair i Wega; pozostałe najprawdopodobniej symbolizują Plejady. Z kolei w jaskini El Castillo

w Hiszpanii zdobiące ściany kropki sprzed 14 tysięcy lat przedstawiają Koronę Północną.

U źródeł wykorzystywania gwiazd do tworzenia map tkwią całkiem praktyczne względy. Mimo że wędrują po nocnym niebie zgodnie z ruchem obrotowym Ziemi, a także zmieniają swoje położenie w zależności od pory roku, z perspektywy ludzkiego oka pozostają w stałej pozycji względem siebie i każdego roku powtarzają ten sam cykl wschodzenia i zachodzenia. Historię stworzenia świata w kulturze Indian Nawaho można postrzegać jako względnie współczesne odzwierciedlenie prastarej wizji nieba. „Kiedy już wszystkie gwiazdy były gotowe, by trafić na nieboskłon, Pierwsza Kobieta powiedziała: zapiszę nimi prawa, które będą prowadzić rodzaj ludzki po wsze czasy. Prawa te nie mogą zostać zapisane ani na wodzie, która nieustannie zmienia swą formę, ani na piasku, z którego wiatr z łatwością je zetrze. Jeśli zaś zostaną zapisane w gwiazdach, będą trwać wiecznie na ludzki użytek".

Niektóre mapy nie skupiają się jednak na odwzorowaniu tego, co widoczne na Ziemi i niebie, lecz ukazują miejsca wyobrażone w wizjach i snach. Weźmy na przykład Buszmenów, zwanych również San, których tradycja i kultura kwitły na terenach południowej Afryki przez dziesiątki tysięcy lat, dopóki nie zaczęto ich mordować na masową skalę w XIX i XX wieku. Zdaniem antropologa Davida Lewisa-Williamsa malowidło naskalne wykonane przez jednego z ich członków (tzw. *Linton Panel*) przedstawia szamanów w transie, podczas którego najprawdopodobniej przenoszą się do podwodnej krainy, stąd widoczne wokół ludzkich postaci ryby, w tym węgorz. Obraz zawiera również ścieżki przecinające ten oniryczny podwodny krajobraz. Współcześni buszmeńscy szamani, dodaje antropolog, doświadczają podobnych wizji: ukazują im się wówczas jasne linie albo „nici światła", wzdłuż których mogą iść lub szybować. Czasami traktują je również jako liny, po których mogą się wspiąć na nieboskłon do krainy duchów.

Dlatego malowidło można postrzegać jako swego rodzaju duchową mapę nieba.



Według wierzeń australijskich Aborygenów człowiek jest jednym z **przejawów**[216] obdarzonej czuciem przyrody. Jak to ujmuje antropolożka Veronica Strang, twój duch „wyskakuje" z jednego miejsca, na przykład z wodopoju, by tchnąć życie w płód zagnieżdżony w łonie twojej matki (przodkowie informują o tym fakcie twoich rodziców poprzez znaki, takie jak dziwnie brzmiący śpiew ptaka). Dorastasz jako element sieci powiązań rodzinnych, dlatego masz pełne prawo do wszystkiego, co posiada twój klan, a jednocześnie nie możesz zostać oddzielony od swojego domu, gdyż zarówno pod względem duchowym, jak i materialnym stanowi on integralną część twojej osoby. Twoim zadaniem jest powtórzenie egzystencji przodków wedle niezmiennych schematów pokrewieństwa. Kiedy umierasz, twój duch przy akompaniamencie pieśni powraca do swojego domu we wnętrzu Ziemi.

Aborygeni nie korzystają z map w rozumieniu europejskim, gdyż język ich kartografii to śpiew i taniec. Innymi słowy, cytując poetę Lesa Murraya, prowadzi ich „rozległa mapa poetyckiej pieśni". Z ruchów, słów i gestów odczytują drogę i uczą się najdrobniejszych szczegółów krajobrazu, rozwijając zdolności zbieracko-łowieckie. Poznają również swoje prawa i obowiązki względem samej ziemi i jej nie-ludzkich

mieszkańców. Aborygeni czasami umieszczają opowieści w formie graficznej oraz obrazy różnych miejsc na skałach, korze drzew albo na innych powierzchniach, jednak nie są to mapy w sensie topograficznym. Stanowią raczej ilustracje relacji i życiowych nauk płynących z **Czasu Snu**[217]. Na obszarach pustynnych zachodniej Australii podczas Tjukurrpy przodkowie pozostawili dla potomności swoje pieśni, obrzędy i prawdy życiowe. Moralne lekcje, których udzielają swoim następcom pod postacią symboli wyrytych na skałach i innych płaszczyznach, często ukazują, w jaki sposób nie należy postępować, piętnując zazdrość, egoizm, przemoc i wyniszczanie środowiska naturalnego.

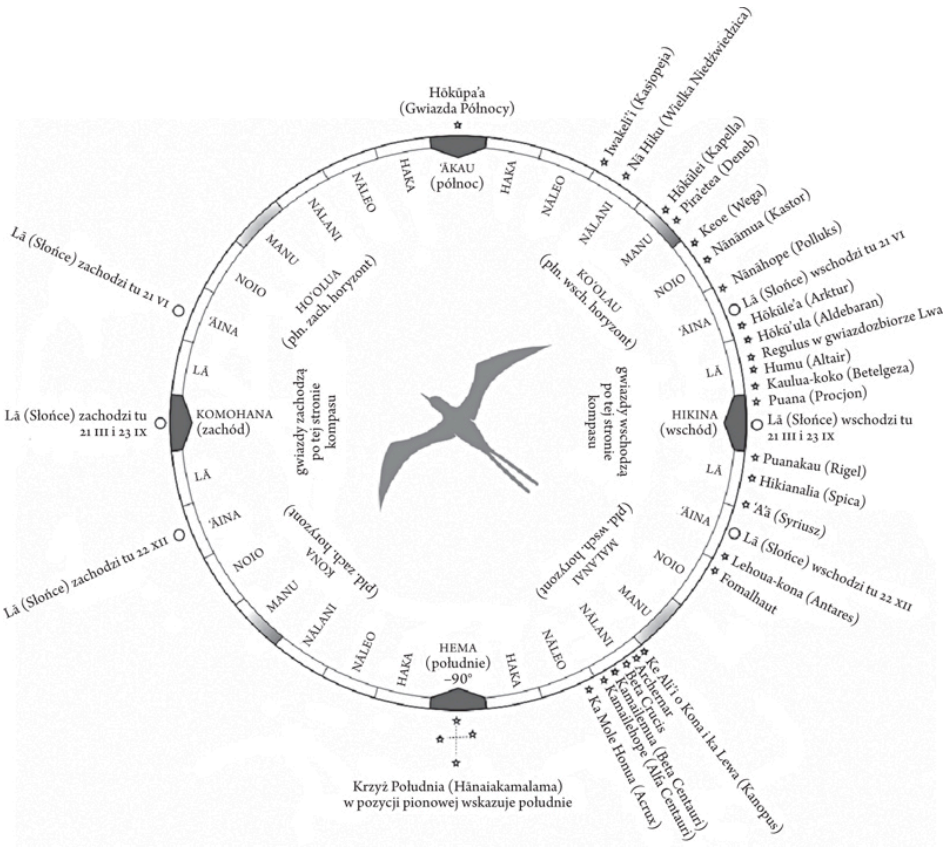
Aborygeński Czas Snu obejmuje również niebo. Podczas Tjukurrpy **siedem sióstr**[218], uciekając przed nadmiernym zainteresowaniem ze strony innych ludzi, znalazło schronienie w przestworzach w formie gromady gwiazd znanej dziś jako Plejady. Członkowie ludu Yolngu zamieszkującego Ziemię Arnhema na północy Australii wierzą, że ciała zmarłych płyną canoe do niebiańskiej krainy duchów Baralku, gdzie wzdłuż wielkiej rzeki zwanej Drogą Mleczną rozpalają ogniska obozowe. Ich łodzie wracają na Ziemię w postaci spadających gwiazd, by ci, którzy wciąż żyją na dole, wiedzieli, że ich najbliżsi dotarli bezpiecznie do krainy umarłych.

Oczywiście jak przedstawiciele innych tubylczych ludów, Aborygeni również wykorzystują gwiazdy jako zwykłe narzędzie nawigacyjne, za pomocą którego można określić swoją pozycję w czasie i przestrzeni. Plemiona zamieszkujące zachodnie obszary kontynentu traktują Plejady jako drogowskaz podczas nocnych wędrówek, a także ustalają początek zimy w zależności od chwili, w której gromada pojawia się po raz pierwszy na majowym niebie tuż przed wschodem słońca. Zresztą nie tylko rdzenni mieszkańcy Australii znajdują podobne zastosowanie dla Plejad. Jako że stanowią wyjątkowo wyraźny punkt odniesienia – są skupione **dużo ciaśniej**[219] niż gwiazdy innych konstelacji – a do tego zawsze pojawiają się nad linią horyzontu zarówno na północnej, jak

i południowej półkuli o tej samej porze roku, od dawna postrzegano je jako namiastkę kalendarza oraz zwiastuny sezonowych zjawisk. Mieszkańcy Andów kojarzyli je z urodzajem, ponieważ każdego roku powracały na niebo w okresie zbiorów. Berberowie z północnej Afryki przewidywali nadejście pory ciepłej i suchej lub zimnej i deszczowej w zależności od tego, czy Plejady były widoczne na wschodzie czy zachodzie. Dla Czarnych Stóp z Ameryki Północnej zniknięcie Plejad z nocnego nieba stanowiło sygnał do rozpoczęcia przygotowań do polowania na bizony, natomiast dla przedstawicieli plemienia Zumi (zamieszkującego dzisiejsze tereny Nowego Meksyku), którzy nazywali je Gwiazdami Siewu, oznaczało początek sezonu siewnego (działo się to wiosną). W prehistorycznej i starożytnej Europie również odgrywały istotną rolę. W jaskini Lascaux linia kropek najprawdopodobniej symbolizuje różne fazy księżyca, jeżeli zaś odliczymy trzynaście punktów od wskazującego pierwsze pojawienie się Plejad na zimowym niebie, dojdziemy do pory roku, kiedy klacze są w ciąży i łatwiej na nie polować. Dysk z Nebry – kunsztownie wykonany przedmiot z kutej miedzi i złota datowany na okres 1600–1500 lat p.n.e. (odkryty na terenie Niemiec w kraju związkowym Saksonia-Anhalt) – przedstawia słońce, sierp księżyca i skupisko gwiazd uznawane za Plejady. W starożytnej Grecji dzień, w którym ukazywały się po raz pierwszy na porannym niebie tuż przed wschodem słońca, zwiastował początek bezpiecznego sezonu żeglarskiego na Morzu Śródziemnym. Sama ich nazwa pochodzi prawdopodobnie od greckiego słowa *pleín* oznaczającego żeglowanie.

W wielu kulturach nawigatorzy kierowali się gwiazdami. Otwarte wody Oceanu Spokojnego stanowiły znacznie większe wyzwanie niż basen Morza Śródziemnego, toteż pierwsi polinezyjscy żeglarze rozwinęli niezwykłe techniki pomagające im odnaleźć drogę podczas morskich wypraw. W ciągu dnia obserwowali chmury majaczące na horyzoncie, które najczęściej świadczyły o obecności wysp, kierunek fal i lotu ptaków, a także wzory odbijającego się na wodzie światła, które mogły być zniekształcone przez cień odległej wyspy. „Mapy z patyków”

(*stick charts*) – konstrukcje z połączonych ze sobą drewnianych prętów z przymocowanymi do nich muszelkami i kamieniami – zawierały tego typu informacje w formie przypominającej europejsko rozumianą mapę. Jednak na potrzeby nocnych podróży żeglarze nauczyli się odczytywać swoją pozycję z gwiazd. Zapamiętywali ich kolejność na trasach pomiędzy poszczególnymi wyspami. Gdy jedna pojawiała się nad horyzontem lub za nim znikała, wypatrywali następnej. Te „gwiezdne szlaki" prowadziły ich łodzie przez noc. Ponieważ każda gwiazda wschodziła i zachodziła w innym punkcie, dzielili horyzont, tworząc coś na kształt „gwiezdnego kompasu".



Nainoa Thompson, hawajski żeglarz, który postanowił wskrzesić tradycję podróży oceanicznych przy użyciu canoe, opisuje gwiezdny kompas jako mentalny konstrukt służący odnajdywaniu drogi w oparciu o miejsca, w których około dwustu dwudziestu gwiazd wschodzi i zachodzi nad oceanem. „Jeśli zidentyfikujesz pojawiające się i znikające za horyzontem gwiazdy i jeśli zapamiętasz miejsca, w których wschodzą i zachodzą, będziesz w stanie obrać właściwy kurs – tłumaczy Thompson. – Musisz jednak stale monitorować prędkość, kierunek i czas, bo nie masz ani szybkościomierza, ani kompasu, ani zegarka. Te wszystkie dane musisz mieć w głowie. W teorii to łatwe, gorzej bywa z praktyką”.

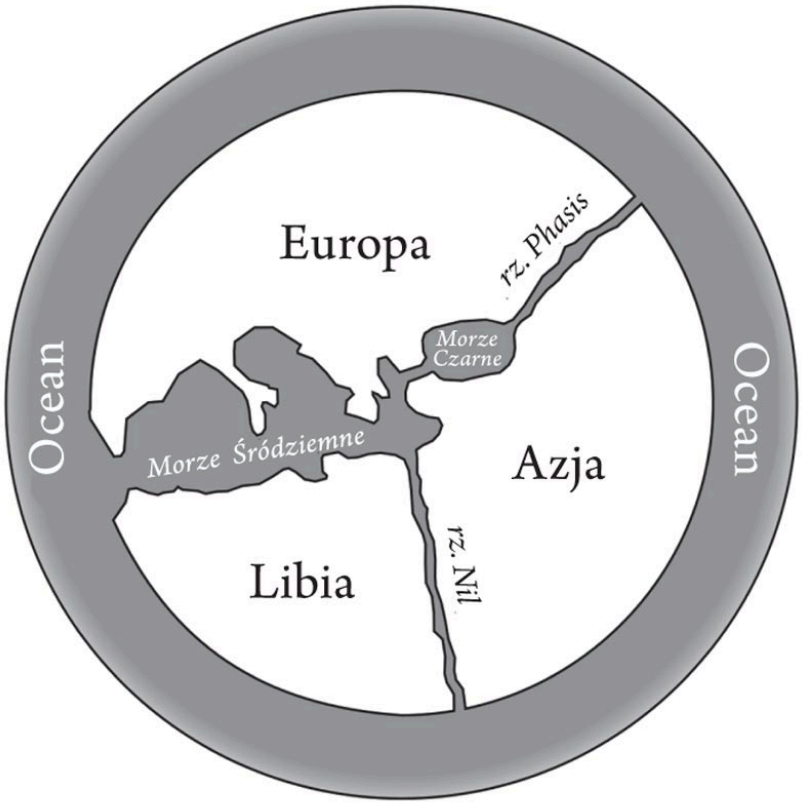
Na lądzie, w warunkach uniemożliwiających lokalizację jakichkolwiek cech charakterystycznych lub punktów orientacyjnych, na przykład podczas śnieżycy, kiedy dochodzi do całkowitej utraty widoczności, ludzie zazwyczaj chodzą w kółko. Nikt do końca nie potrafi wyjaśnić, dlaczego tak się dzieje, w związku z czym wędrowcy na otwartych przestrzeniach od dawna zostawiają **znaki**[220], które mają służyć jako drogowskazy dla tych, co przyjdą po nich. Inuici rozwiązali

ten problem za pomocą inuksuka – kopczyka lub ludzika z kamieni – oznaczającego „ktoś tu był" lub „jesteś na właściwym szlaku". Na morzu nie ma takiej możliwości, zaś w sytuacji, gdy kierunek i siła zarówno prądów, jak i wiatrów są nieprzewidywalne albo niebo jest całkiem przesłonięte chmurami, potrzebne są inne metody. Jedną z nich jest płomień. Śmiało możemy zakładać, że ogniska sygnalizacyjne były palone na szczytach gór w bardzo zamierzchłej przeszłości, ale pierwsza znana nam latarnia morska powstała na Faros w Aleksandrii w latach 280–247 p.n.e. Mierząca sto czterdzieści metrów wysokości sięgałaby zaledwie do połowy wieżowca Flatiron Building w Nowym Jorku, ale widać ją było z odległości pięćdziesięciu kilometrów na morzu. Dla żeglarzy pełniła funkcję inuksuka, lecz jednocześnie była swego rodzaju sztuczną gwiazdą. W ciągu dnia od jej lustrzanego wierzchołka odbijało się światło słoneczne, zaś w nocy na samej górze latarni rozpalano ogień, by wskazywał drogę okrętom.

Kartografia kosmosu

W kontekście ekonomicznym oraz militarnym badanie świata i ujmowanie go w ramy mapy było równie istotne w starożytności co w **świecie nowożytnym**[221]. Kultura aleksandryjska, która wydała na świat takie cuda jak latarnia morska na Faros, wiodła prym w starożytnej Grecji dzięki okrutnym podbojom. Jej przedstawiciele pragnęli podkreślać swoją pozycję władzy oraz prestiż, a także utrzymywać kontrolę nad szlakami handlowymi, by zapewnić sobie stały dostęp do zasobów zarówno naturalnych, jak i ludzkich, w tym także niewolników. Dlatego nawet w tak entuzjastycznej opowieści o wzbudzających zachwyt cudach tego świata nie można pominąć tego brutalnego aspektu. Postępy w dziedzinie pomiarów i kartografii jednak rzadko kiedy wynikały jedynie z żądzy władzy i wyzysku. U ich podłoża często leżała czysta ciekawość, zaś starożytni Grecy, chyba jak nikt inny przed nimi, pragnęli **poznać**[222] świat.

Kultura ciekawości sięga co najmniej VI wieku p.n.e., kiedy to filozof Anaksymander zaprezentował światu gnomon – pionowy słup będący elementem zegara słonecznego, którego cień dokładnie wskazuje czas – oraz mapę świata. Choć tworząc ją, prawdopodobnie opierał się na babilońskim pierwowzorze; centralnym punktem odniesienia uczynił Grecję, a dokładniej wyrocznię w Delfach lub swoje rodzinne miasto Milet. Patrząc na Europę, Afrykę i Azję, ulokowane wokół zachodniej części Morza Śródziemnego, widzimy zasadniczo tę samą konfigurację kontynentów co na mapie z Hereford powstałej dwa tysiące lat później.



Jednak Anaksymander ogromną wagę przykładał nie tylko do dokonywania pomiarów oraz wizualnego odwzorowywania czasu i przestrzeni; dla filozofa równie istotne było usytuowanie Ziemi w szerszym kontekście. Uważał, że zasadę rzeczywistości stanowi *apeiron* – bezkresna całość, z której wszystko powstaje i do której wszystko powraca. Jego zdaniem każda rzecz miała swój początek i kres

w innej, zależnie od konieczności, zgodnie z porządkiem czasu. Wierzył, że Ziemia to swobodnie dryfująca w przestrzeni kosmicznej kula, wokół której w różnej odległości orbitują inne ciała niebieskie. **Nikt przed nim**[223] nie zaproponował podobnego modelu układu planetarnego, i to właśnie jemu Anaksymander zawdzięcza miano „ojca kosmologii". Oczywiście jego teoria miała wady. Choć słusznie przypuszczał, że Słońce jest ogromne i znajduje się dalej od Ziemi niż Mars czy Wenus, zakładał również, że naszą planetę dzieli od niego większa odległość niż od gwiazd.

Dzięki dwóm zestawom obliczeń, których dokonano ponad trzysta lat po śmierci Anaksymandra, udało się w miarę precyzyjnie (choć jeszcze nie całkiem dokładnie) określić rozmiary oraz odległości ciał niebieskich. Pierwszy pomiar dotyczył samych gabarytów Ziemi. Gdy na morzach i oceanach pojawiły się pierwsze żaglowce, uwadze bystrych obserwatorów z pewnością nie umknął fakt, że za horyzontem zawsze najpierw znikał kadłub, a dopiero potem maszty, co mogło oznaczać tylko jedno: powierzchnia oceanu była zakrzywiona. Jeśli zna się wysokość masztu i (co już nieco trudniejsze) odległość statku od brzegu, można oszacować kąt zakrzywienia, a co za tym idzie, rozmiar Ziemi. Jednak takie badanie trudno jest przeprowadzić precyzyjnie, toteż w 240 roku p.n.e. Eratostenes z Cyreny, geograf zarządzający Biblioteką Aleksandryjską, opracował inną metodę. Mierząc różnicę pomiędzy długością cienia w Aleksandrii i w oddalonym o pięć tysięcy **stadionów**[224] na południe Asuanie w dniu letniego przesilenia, dokładnie w chwili, gdy Słońce stało w zenicie, wyznaczył obwód Ziemi – co zadziwiające, w swoich obliczeniach pomylił się zaledwie o dwa procent w stosunku do jego rzeczywistej wartości. (Kolumb zupełnie zignorował dokonania Eratostenesa i skorzystał z innych, błędnych obliczeń).

Kolejny zbiór pomiarów dotyczył wielkości Księżyca i Słońca, a także odległości dzielących oba te ciała niebieskie zarówno od siebie, jak i od Ziemi. Nieco starszy od Eratostenesa Arystarch z Samos podjął próbę

określenia powyższych parametrów dla obydwu tych ciał. Zaczynając od Księżyca, zaobserwował, że podczas zaćmienia Ziemia rzuca na jego tarczę zakrzywiony cień świadczący o tym, iż jest kulą kilkukrotnie przewyższającą go rozmiarem. Na tej podstawie oszacował długość obwodu ziemskiego satelity. Zauważył też, że podczas pełni Księżyc zajmuje mniej więcej pół stopnia całego nieboskłonu. Ponieważ wiedział, że jeśli kąt wypełniony przez dany obiekt wynosi pół stopnia, to aby otrzymać odległość pomiędzy nim a Ziemią, należy pomnożyć jego rozmiar przez 115, określił **dzielący go od nas dystans**[225].

Bazując na obserwacjach Księżyca, Arystarch doszedł do wniosku, że dokonanie tych samych pomiarów dla Słońca to kwestia czystej trygonometrii. W momencie, gdy widzimy dokładnie połowę księżycowej tarczy, Słońce, Księżyc i Ziemia tworzą wierzchołki trójkąta prostokątnego. Znając wartość kąta prostego oraz długość jednego boku (w tym wypadku odległość pomiędzy Ziemią i Księżycem), Arystarch potrzebował już tylko jednego wymiaru, by móc obliczyć pozostałe parametry. Ustaliwszy, że kąt pomiędzy Słońcem i Księżycem wynosi w tej pozycji 87 stopni, obliczył, że Słońce znajduje się dwadzieścia razy dalej od Ziemi niż Księżyc, a ponieważ ono także zajmuje pół stopnia na łuku nieboskłonu, uznał, że musi być dwadzieścia razy większe od Księżyca lub pięć razy większe od Ziemi. Eureka! Tyle że nie do końca. Arystarch, jak już dziś wiemy, źle oszacował wielkość kąta pomiędzy Księżycem a Słońcem, co doprowadziło do błędnego wyniku zarówno w przypadku odległości Słońca od naszej planety, jak i jego **rozmiaru**[226] – grecki uczony w obu sytuacjach podał mniej więcej dwudziestokrotnie niższą wartość. Jednak logika, którą się kierował, była słuszna i doprowadziła go do przełomowej konkluzji: twierdzenie, że większe ciało niebieskie orbituje wokół mniejszego, nie ma sensu, w związku z czym to Ziemia musi krążyć wokół Słońca.

Max Tegmark, fizyk specjalizujący się w kosmologii, opisuje pracę Arystarcha jako „moment, w którym ludzka wyobraźnia wreszcie

oderwała się od ziemi i wyruszyła na podbój kosmosu". Niezależnie od tego, czy się zgadzamy z tym stwierdzeniem, idealnie oddaje ono charakter epoki, której przedstawiciele starali się jak najdokładniej zmierzyć niebo i Ziemię. Mniej więcej dwieście lat przed naszą erą rzemieślnicy budowali coś w rodzaju analogowych komputerów do obliczania pozycji ciał niebieskich. W przypadku mechanizmu z Antykithiry za pomocą ręcznej korby poruszającej trzydziestoma nakładającymi się na siebie kołami zębatymi można było określić jednocześnie pozycje Słońca i Księżyca, wyznaczyć jego fazy, zaćmienia, cykle kalendarzowe, a także pozycje innych planet. I choć wiedza o tych maszynach przepadła na wieki, a o ich istnieniu dowiedzieliśmy się dopiero niedawno, myśl, dzięki której powstały, przetrwała, dając początek matematyzacji otaczającego nas świata – skomputeryzowanej rzeczywistości, w której jesteśmy z każdym dniem coraz bardziej zanurzeni.

Archanioł Gabriel podtrzymujący osiem sfer niebieskich ptolemejskiego, geocentrycznego układu wszechświata. Ilustracja pochodzi z księgi zatytułowanej *The Wonders of Creation and the Oddities of Existence* [Cuda stworzenia i osobliwości istnienia] autorstwa trzynastowiecznego uczonego Zachariasza Al-Qazwiniego (wydanie z około 1600 roku).

Jednak heliocentryczna wizja Arystarcha nie spotkała się z powszechną akceptacją, i to nie tylko dlatego, że gdy starożytni spoglądali w niebo, intuicja podpowiadała im co innego. W II wieku n.e. geograf i astronom Klaudiusz Ptolemeusz odrzucił ją, jako argument podając stałą pozycję gwiazd. Gdyby Ziemia naprawdę się poruszała, dowodził uczony, wówczas względna pozycja gwiazd z pewnością ulegałaby zmianie, podobnie jak to się dzieje w przypadku rosnących w lesie drzew, które zdają się rozstępować, gdy się do nich zbliżamy, lub chować jedno za drugim, kiedy je mijamy. Ten pozorny błąd w rozumowaniu Arystarcha przyczynił się do zanegowania jego koncepcji, którą filozofowie przyrody zaczęli traktować poważnie dopiero po ogłoszeniu teorii heliocentrycznej przez Kopernika na początku XVI wieku.

W 1687 roku Isaac Newton zaproponował rozwiązanie gwiezdnej zagadki, udzielając odpowiedzi na pytanie o to, dlaczego, skoro Ziemia obraca się wokół Słońca, widoczne na niebie gwiazdy sprawiają wrażenie całkiem nieruchomych. Po pierwsze, założył (podobnie jak już sto lat wcześniej podejrzewał filozof Giordano Bruno), że gwiazdy to takie same ciała niebieskie jak Słońce, i tylko wydają się znacznie ciemniejsze, ponieważ dzieli je od Ziemi większa odległość. Po drugie (posiłkując się nowo sformułowanym prawem odwrotnych kwadratów), przyjął, że jasność obiektu maleje odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości od źródła światła. Następnie, uznawszy Syriusza – najjaśniejszą gwiazdę nocnego nieba – za odpowiednik Saturna pod względem intensywności odbitego światła (odległość Saturna od Ziemi była już w tamtych czasach znana, zaś Newton uważał, że jest w stanie określić jego jasność), obliczył, jak bardzo Syriusz musiał być oddalony od Ziemi, żeby jego światło wyglądało równie intensywnie co światło Saturna, choć w rzeczywistości był tak jasny jak Słońce – według jego szacunkowych kalkulacji znajdował się osiemset tysięcy razy dalej od kuli ziemskiej niż Słońce, czyli około 12,6 lat świetlnych. Pomylił się mniej więcej o cztery miliony – faktyczna odległość wynosi 8,6 lat świetlnych (albo 81,5 biliona kilometrów) – jednak rząd wielkości się

zgadzał. Ponadto koncepcja zakładająca, że gwiazdy znajdują się zbyt daleko od Ziemi, by ich ruch dało się zaobserwować, zaczęła wydawać się coraz bardziej wiarygodna.

Zagadkę ostatecznie wyjaśnił w 1838 roku astronom Friedrich Bessel. Na przestrzeni stu lat po śmierci Newtona w dziedzinie optyki nastąpił ogromny postęp i dzięki nowoczesnemu teleskopowi Bessel był w stanie dokonać pomiaru minimalnej zmiany pozycji gwiazdy 61 Cygni względem innych gwiazd. Obliczenia przeprowadził na podstawie dwukrotnej obserwacji 61 Cygni w odstępie sześciu miesięcy (gdy Ziemia znajdowała się raz po jednej, raz po drugiej stronie Słońca), niemal bezbłędnie ustalając odległość gwiazdy od Słońca – uzyskany przez niego wynik to jedenaście lat świetlnych. Pomiaru udało się dokonać dzięki zjawisku, o którym mówił Klaudiusz Ptolemeusz, przywołując obraz drzew pozornie zmieniających swoje położenie. Chodzi oczywiście o metodę paralaksy, którą można w łatwy sposób samemu sobie zwizualizować – wystarczy wyciągnąć przed siebie wyprostowaną rękę z uniesionym kciukiem i zamykając raz jedno, raz drugie oko, przyglądać się, jak palec zmienia pozycję względem tła, „przeskakując" z miejsca na miejsce. Na analogicznej zasadzie zadziałał teleskop Bessla, który podczas pierwszej obserwacji, gdy Ziemia znajdowała się po jednej stronie Słońca, odgrywał rolę prawego oka, kiedy zaś po sześciu miesiącach zawędrowała na drugą stronę, lewego.

Koncepcja mówiąca o tym, że wszechświat jest znacznie większy, niż by się mogło na pierwszy rzut oka wydawać, sięga daleko w przeszłość. Anaksymander wyobrażał sobie nieograniczoną przestrzeń kosmiczną, a przeszło sto lat później **Demokryt**[227] dowodził, że z niekończącego się tańca atomów będą powstawać coraz to nowsze światy, które będą dawać początek coraz to nowszym istnieniom. Z kolei wedle hinduskiej kosmologii wszechświat na przestrzeni milionów lat cyklicznie rodzi się i umiera, zaś powstała pomiędzy VI a X wiekiem n.e. *Bhagawatapurana* mówi o nieskończonej liczbie wszechświatów. W XII wieku n.e. Fakhr al-Din al-Razi pisał o tysiącach tysięcy światów, podobnie jak kilkaset lat

później Giordano Bruno, który w 1600 roku za swoje poglądy spłonął na stosie. Jednak dane, za pomocą których można byłoby poprzeć lub obalić powyższe spekulacje, zaczęto gromadzić dopiero w 1610 roku, kiedy Galileusz po raz pierwszy obejrzał Drogę Mleczną przez teleskop i zobaczył, że składa się na nią niewyobrażalna ilość gwiazd. Dzięki obliczeniom Newtona i Bessla stało się jasne, że wszechświat znacznie przewyższa swoim rozmiarem Układ Słoneczny, a odległości między Ziemią a poszczególnymi gwiazdami zaczęły przybierać formę konkretnych liczb. Jednak ówcześni uczeni i myśliciele nie zadali sobie jednego pytania, a mianowicie czy w skali wszechświata istnieje jakiś powtarzający się schemat albo struktura, a jeśli tak, to jak może wyglądać.

Wyspy w kosmosie

W pewien mglisty poranek, w tak zwanych godzinach szczytu jechałem samochodem przez dawne wioski górnicze nieopodal Durham w północnej Anglii. Towarzyszył mi wybitny profesor fizyki wykładający na tamtejszym uniwersytecie. Zmierzaliśmy do kamiennej budowli na niewielkim wzgórzu wzniesionej przez Thomasa Wrighta, matematyka i twórcę przyrządów pomiarowych, który w 1750 roku opublikował teorię mówiącą o istnieniu galaktyk.

Niestety w tej mgle całkiem się pogubiłem. Dopiero za jakimś dziesiątym razem zupełnie przez przypadek udało mi się skręcić w dobrą drogę i naszym oczom ukazała się niewielka kamienna wieżyczka w kształcie walca. Kiedy wysiedliśmy z samochodu, w butach natychmiast zachlupotało nam zimne błoto, ale postanowiłem się tym nie przejmować. Powiedziałem sobie, że całe to nasze błądzenie zwieńczone lodowatą breją to swego rodzaju chrzest bojowy, konieczny, by w pełni docenić jeden z najbardziej zdumiewających przejawów potęgi osiemnastowiecznej wyobraźni, którą kilka dni wcześniej miałem okazję podziwiać, przez wiele godzin przeglądając mapy

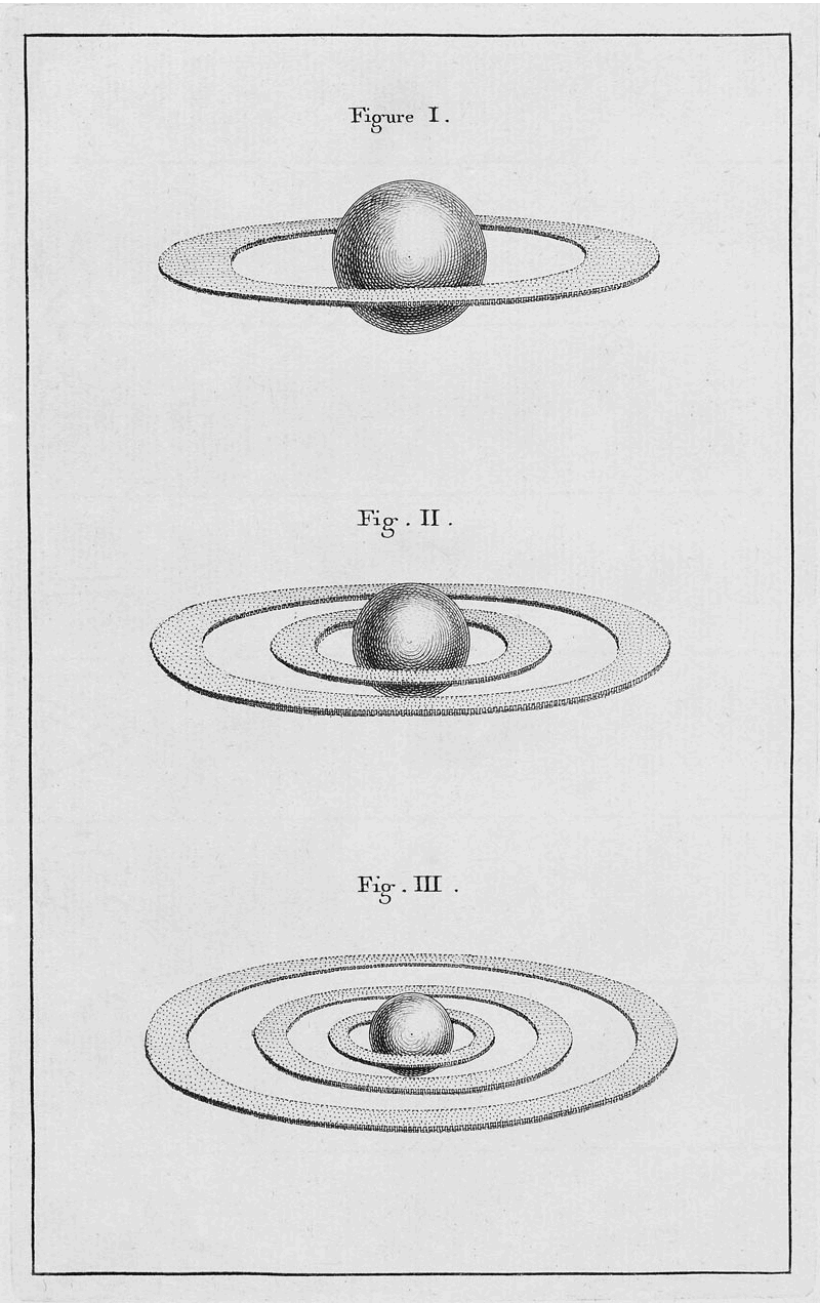
i wykresy zamieszczone w dziele *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe* [Oryginalna teoria albo Nowe hipotezy o Wszechświecie] autorstwa Wrighta, w zaciszu ciepłej i suchej biblioteki Uniwersytetu Oksfordzkiego.

Przyrządy, którymi posługiwał się Wright, dawały dość ograniczone pole manewru, zwłaszcza wziąwszy pod uwagę skalę opracowywanej przez niego teorii. Ani w jego czasach, ani nawet sto lat później żaden teleskop nie był w stanie zapewnić ostrego obrazu Galaktyki – w przeciwieństwie do jego umysłu. Pierwszym założeniem, które przyjął, był ruch gwiazd, które minimalnie zmieniają pozycję względem siebie pod wpływem grawitacji. (Przekonywał, że najłatwiej to sprawdzić, obserwując przez dekadę, najwyżej dwie, ruchy w obrębie **Plejad**[228] – gromady, wewnątrz której odległości pomiędzy gwiazdami są wyjątkowo małe w porównaniu do innych jasnych gwiazd). Następnie w toku logicznej argumentacji Wright doszedł do wniosku, że jeżeli rzeczywiście tak jest, wówczas ogromne skupiska związanych ze sobą grawitacyjnie gwiazd muszą krążyć wokół różnych środków masy, podobnie jak ma to miejsce w przypadku mniejszych obiektów Układu Słonecznego, które się poruszają, lecz jednocześnie są grawitacyjnie związane ze Słońcem. Jego zdaniem Obłoki Magellana – dwie niezbyt wyraźne smugi światła widoczne jedynie na półkuli południowej, które stanowiły zagadkę dla europejskich astronomów, odkąd pierwszy raz usłyszeli o nich na początku XVI wieku (Girolamo Cardano również uznał je za niezwykle intrygujące zjawisko) – były właśnie takimi skupiskami.

Wright opracował dwa modele ogólnego rozkładu gwiazd w tych gigantycznych gromadach. W pierwszym gwiazdy na obrzeżach krążyły wokół ogromnej, centralnie ulokowanej grupy niczym pierścienie wokół **Saturna**[229], tyle że na wiele większą skalę. Drugi model ukazywał gwiazdy poruszające się wokół wspólnego centrum, ale po różnych płaszczyznach. Orbitowały pod różnymi kątami, podobnie jak komety okrążające Układ Słoneczny na przestrzeni setek lat, w efekcie tworząc

koncentryczne kule, podobnie jak powstał Obłok Oorta – chmura kosmicznego pyłu otaczająca Układ Słoneczny na samym skraju zewnętrznej atmosfery Słońca.

Wright mylił się co do wielu szczegółów: błędnie założył na przykład, że galaktyki w kształcie dysków otaczają koncentryczne pierścienie – w rzeczywistości mają one spiralne ramiona. Poza tym, choć niemal kuliste galaktyki rzeczywiście istnieją, poruszają się w zupełnie inny sposób, niż spekulował Wright. Jednak ogólny tok jego rozumowania był słuszny, a wizja kosmicznych galaktyk, czy też „niezliczonych niebiańskich pałaców", przelana na papier w postaci trzydziestu dwóch map i wykresów, zapiera dech w piersiach. Piękno i logika teorii Wrighta stały się inspiracją dla Immanuela Kanta, jednak na wielu astronomach jego koncepcja wcale nie wywarła aż takiego wrażenia. Nie istniał bowiem sposób na określenie ze stuprocentową pewnością, czy jasne smugi uznane przez Wrighta za odległe skupiska gwiazd stanowiły obiekty poza granicami Drogi Mlecznej, czy też były to mgławice (obłoki gazu i pyłu międzygwiazdowego) w jej obrębie. Odpowiedź na to pytanie udało się uzyskać dopiero na początku XX wieku.



Niektóre z modeli galaktyk autorstwa Thomasa Wrighta przedstawiające pierścienie gwiazd krążące wokół centralnie ulokowanych gwiezdnych kul.

Istnieje grupa gwiazd nosząca nazwę cefeid, które w przeciwieństwie do promienistej gwiazdy opiewanej przez Johna Keatsa z powodu jej stałości wskutek pulsacji zmieniają jasność w regularnych odstępach czasowych trwających od kilku dni do wielu miesięcy. W 1912 roku

astronomka Henrietta Swan Leavitt odkryła regularną, przewidywalną zależność pomiędzy okresem pulsacji a jasnością absolutną cefeid – te, które świeciły najjaśniej, pulsowały najdłużej. Odkrycie Leavitt dało początek nowej metodzie mierzenia kosmosu. Naukowcy doszli do wniosku, że skoro dystans dzielący Ziemię od znajdujących się w jej pobliżu cefeid można było zmierzyć za pomocą zapoczątkowanej przez Bessla techniki paralaksy, odległość do innych gwiazd pulsujących w takim samym tempie również dało się ustalić: jeśli wydawały się ciemniejsze, musiały znajdować się dalej, a natężenie ich jasności (z czego sprawę zdał sobie już Newton) malało odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości od źródła światła.

Niektóre cefeidy są sto tysięcy razy jaśniejsze od Słońca i dlatego widać je z ogromnych odległości. W latach dwudziestych XX wieku astronom Edwin Hubble prowadził obserwacje kilku z nich, znajdujących się w galaktyce znanej wówczas jako Mgławica Andromedy i na podstawie odkryć Henrietty Leavitt oraz innych naukowców obliczył, że dzieli je od nas dziewięćset milionów lat świetlnych. Wyniki swoich badań opublikował w 1925 roku. Nikt wcześniej nie dokonał pomiarów na taką skalę i było to prawdopodobnie najbardziej spektakularne poszerzenie horyzontu ludzkiej myśli w historii świata.

W rzeczywistości podaną przez Hubble'a liczbę należałoby pomnożyć co najmniej przez dwa, żeby otrzymać prawidłową wartość. Jednak na przestrzeni następnych lat ze świata nauki płynęły kolejne rewelacje, które mogły przyprawić o jeszcze większy zawrót głowy. Galaktyka Andromedy, wedle stanu dzisiejszej wiedzy największe skupisko gwiazd sąsiadujące z naszą Galaktyką, to swego rodzaju wyspa, na którą składa się bilion gwiazd oddalonych od Drogi Mlecznej o mniej więcej 2,5 miliona lat świetlnych (24 tryliony kilometrów). Obydwie należą do zbioru pięćdziesięciu czterech galaktyk, tzw. Grupy Lokalnej, w skład której wchodzą również Obłoki Magellana. Obserwując galaktyki spoza Grupy Lokalnej, Hubble odnotował zjawisko **przesunięcia ku**

czerwieni[230] i na tej podstawie w 1929 roku ustalił, całkowicie słusznie, że wszystkie się od nas oddalają, zaś im większa odległość dzieli Ziemię od danej galaktyki, tym szybsze jest tempo jej ucieczki.

Wszystkie te odkrycia przyczyniły się do rozwiązania fundamentalnego problemu kosmologii: zgodnie z równaniami pola występującymi w teorii względności opublikowanej przez Alberta Einsteina w 1915 roku w niestabilnym wszechświecie galaktyki gwiazdy i planety powinny zapadać się do wewnątrz. Żeby jakoś z tego wybrnąć, Einstein wprowadził siłę odpychającą, którą nazwał stałą kosmologiczną. Jednak obserwacje Hubble'a wydawały się bardziej spójne z odmiennymi rozwiązaniami równań Einsteina. Opracowali je niezależnie od siebie kosmolog Aleksandr Friedman w latach dwudziestych XX wieku oraz fizyk (i ksiądz) Georges Lemaître, można jeszcze dodać model wczesnego wszechświata zaproponowany przez kosmologa Ralpha Alphera w latach czterdziestych. Wszystkie te koncepcje prowadziły do jednego wniosku: w wyniku Wielkiego Wybuchu, który musiał nastąpić u zarania ewolucji wszechświata, cała kosmiczna materia i energia zgromadzone w nieskończenie gęstym centrum eksplodowały i od tamtej pory wszechświat nieustannie się rozszerza.

Kolejne prace badawcze – w tym odkrycie w 1964 roku mikrofalowego promieniowania tła, będącego pozostałością po Wielkim Wybuchu – przyniosły nam coś nieosiągalnego dla poprzednich pokoleń: koherentne (choć niekompletne) wytłumaczenie genezy wszechświata. Brian Cox, fizyk i autor programów naukowych, nazywa to naukową wersją mitu o stworzeniu świata. Teraz już wiemy, że był moment, kiedy dziś istniało bez wczoraj, a jeśli wszechświat czeka śmierć z gorąca, w końcu nastanie dzień, po którym nie będzie żadnego jutra. Jak to ujął Georges Lemaître: „stojąc na wystudzonym popiele, obserwujemy powoli blaknące słońca i próbujemy przywołać w pamięci obraz towarzyszącej powstaniu wszystkich światów jasności, która już dawno przeminęła". A ta „spopielona" Ziemia pod naszymi stopami to

tylko jeden świat otoczony miliardami zwykłych gwiazd krążących w jednej zwykłej galaktyce otoczonej bilionami innych galaktyk. Jednakże nowe formacje gwiezdne będą powstawać jeszcze przez biliony lat, a ściślej rzecz ujmując, w okresie od jednego do stu bilionów, tak więc nic nas nie zwalnia ze złożenia zeznania podatkowego… no chyba że poczekamy z tym **googol**[231] lat, czyli do czasu, kiedy średnia gęstość materii w widzialnym wszechświecie (wynosząca w tej chwili kilka atomów wodoru na każdy metr sześcienny) spadnie do jednego elektronu lub pozytonu na każdą jednostkę objętości przestrzeni znacznie przewyższającą rozmiarem cały widzialny dziś wszechświat.

Jednak zanim to nastąpi, czeka nas oszałamiające widowisko. Obrazy takie jak *Wanderers*, króciutki film Erika Wernquista z 2014 roku, opatrzony tekstem Carla Sagana z 1994 roku, dają nam jakie takie pojęcie o tym, czego moglibyśmy doświadczyć, gdybyśmy kiedykolwiek zdołali odbyć podróż – osobiście lub (co bardziej prawdopodobne) wirtualnie – po Układzie Słonecznym. Być może obserwowalibyśmy chmury Jowisza z powierzchni któregoś z jego księżyców, podczas gdy nad naszymi głowami przesuwałby się księżyc Jowisza. Może dryfowalibyśmy pomiędzy pierścieniami Saturna i ogromnymi gejzerami tryskającymi z powierzchni jego najjaśniejszego księżyca Enceladusa. Moglibyśmy też szybować nad metanowymi jeziorami Tytana, kolejnego księżyca Saturna, albo uprawiać BASE jumping, skacząc z dziesięciokilometrowych klifów na Mirandzie, najmniejszym księżycu Urana. Oczywiście Układ Słoneczny skrywa znacznie więcej cudów niż zaprezentowano w filmie. Na przykład w niektórych miejscach na powierzchni Merkurego da się zaobserwować, jak Słońce wschodzi, zatrzymuje się wpół drogi do zenitu, **zawraca**[232] i zachodzi, po czym znów wstaje, pokonuje tę samą drogę, by wreszcie zniknąć za horyzontem, a wszystko to w ciągu jednego dnia. Z kolei na Kallisto, księżycu Jowisza, lodowe iglice wznoszą się wysoko pośród niesamowitej nocy. Również Saturn ma sporo do zaoferowania. Na jego północnym biegunie szaleje sześciokątna burza. Na Japecie,

dwukolorowym księżycu rzeczonej planety, biegnący wzdłuż równika łańcuch górski przypomina pasek, podczas gdy jej drugi, koślawy księżyc Pan wygląda jak tłusty pierożek ravioli albo rozklekotany latający spodek. Dwuczęściowa planetoida Hektor przywodzi na myśl hantle albo podwójną łupinę fistaszka.

W poprzednich epokach większość widocznych na niebie obiektów z perspektywy obserwatora nigdy nie zmieniała kształtów, oczywiście z wyjątkiem Księżyca i niektórych komet. Dopiero niedawno za sprawą kosmicznych teleskopów stało się możliwe obserwowanie w czasie rzeczywistym aktywności w atmosferze Słońca czy chmur wirujących wokół Jowisza. Jednak ruchome obrazy zmian zachodzących na szeroką skalę w czasie i przestrzeni, takich jak eksplozje gwiazd albo ewolucja i rozkład galaktyk, wciąż pozostają wytworami rozumu, swoistymi mapami wyobraźni, nie zaś produktami bezpośredniej obserwacji. Możemy na przykład obejrzeć komputerową symulację spotkania Drogi Mlecznej i Galaktyki Andromedy, do którego dojdzie mniej więcej za cztery miliardy lat. Najpierw niczym para tancerzy wykonujących *lindy hop* okrążą się nawzajem kilka razy, po czym zleją się w jedną całość. (Wśród gwiazd dojdzie wówczas – jeśli w ogóle – zaledwie do kilku kolizji, ponieważ nawet przy stosunkowo wysokim gwiezdnym zagęszczeniu powstałym na skutek fuzji dwóch galaktyk odległości pomiędzy poszczególnymi gwiazdami nadal będą ogromne. Jednocześnie miliardy z nich, w tym prawdopodobnie także i Słońce, w wyniku działania sił pływowych zostaną wyrzucone poza granice nowej supergalaktyki, tworząc przypominające pianę morską strumienie gwiazd, podobne do tych, które widać dziś na obrzeżach NGC 4631, zwanej również Galaktyką Wieloryb). Tak samo wygląda sytuacja w przypadku odległych gwiazd, mgławic i supernowych, które z zaledwie kilkoma jak dotąd wyjątkami wciąż postrzegamy jako obiekty statyczne. I nawet wizualizacje, które można zobaczyć na przykład w krótkim filmie *Novae* Thomasa Vanza z 2016 roku, mimo wspaniałych efektów i perfekcyjnego wykonania nadal pozostają jedynie symulacjami rzeczywistości.

UGC 1810 (u góry) i UGC 1813, dwie galaktyki w gwiazdozbiorze Andromedy oddalone od Ziemi mniej więcej o 300 milionów lat świetlnych. W wyniku zachodzącego miedzy nimi silnego oddziaływania spiralny kształt pierwszej z nich uległ deformacji, podczas gdy w drugiej doszło do intensywnego formowania się nowych gwiazd.

Istnieje jednak spore prawdopodobieństwo, że to się zmieni. W trakcie pracy nad pierwszą wersją tego akapitu pisałem o tym, że w ciągu kilku najbliższych lat dzięki teleskopom umieszczonym w przestrzeni kosmicznej być może będziemy w stanie zobaczyć na własne oczy orbity planet wokół innych gwiazd, a nawet orbity krążących wokół nich księżyców. Kiedy na początku 2017 roku po raz ostatni przeglądałem ten tekst, astronomowie opublikowali trzysekundowe nagranie, na którym zawarli siedem lat bezpośredniej obserwacji czterech planet orbitujących wokół gwiazdy HR 8799.

Widoczne na granatowym tle gazowe giganty większe od Jowisza krążą dookoła ulokowanej w samym centrum czarnej gwiazdy przeciwnie do kierunku wskazówek zegara, połyskując niczym bioluminescencyjny plankton.

Pierwszy w historii film, z 1888 roku, składa się z zaledwie dwudziestu klatek. Uzyskany w dzisiejszych czasach obraz ruchu gwiazd i galaktyk w głębokiej przestrzeni kosmicznej jest równie szczątkowy.

Wcześniej najdłuższym znanym mi filmem ukazującym ruch w głębokiej przestrzeni kosmicznej było nagranie eksplozji pozostałości supernowej po raz pierwszy zaobserwowanej przez astronoma Tycho Brahe w 1572 roku. Oglądanie supernowej w czasie rzeczywistym prawdopodobnie niewiele różniłoby się od oglądania rozwijającego się porostu: w obu przypadkach wszelka aktywność zachodzi w tak wolnym tempie, że niemożliwe jest uchwycenie jakiegokolwiek ruchu w trakcie zwykłej obserwacji. Jednak autorzy nagrania opublikowanego w 2016

roku maksymalnie skondensowali serię nieruchomych obrazów zarejestrowanych w latach 2000–2015, w efekcie czego powstała sekwencja trwająca niecałe półtorej sekundy. To, co widać na ekranie – obiekt przypominający delikatnie pęczniejącą, półprzezroczystą brukselkę – trwa tak krótko, że wystarczy mrugnąć, żeby wszystko przegapić. Jednak te półtorej sekundy (obok trzech sekund planet wirujących wokół HR 8799) przynajmniej dla mnie ma taką samą wagę co pierwszy w historii film – *Scenka ogrodu z Roundhay* z 1888 roku – który na kilku rozedrganych klatkach odtwarza ludzki ruch. Wedle słów przypisywanych Teilhardowi de Chardinowi: „żyjemy otoczeni przez idee i przedmioty tak stare, że nie jesteśmy w stanie objąć ich wieku umysłem; jednocześnie wszystko jest w ciągłym ruchu".

Powrót kopernikański

W dowcipnej prozie Douglasa Adamsa pojawia się urządzenie noszące nazwę Wir Całkowitego Zrozumienia, dzięki któremu można zobaczyć nieskończoność wszelkiego bytu, a także własną małość i nieistotność w kosmicznej perspektywie. Wir, stworzony przez postać filozofa, który chciał za jego pomocą irytować swoją żonę, uważany jest za najstraszliwsze narzędzie tortur, jakie kiedykolwiek zaprojektowano. Jednak jeśli o mnie chodzi, to wcale się z tym poglądem nie zgadzam. Oczywiście nietrudno sobie wyobrazić poziom zamętu, jakiego doświadczyłby chyba każdy przy takiej ilości informacji. Jednak w warunkach, w których nasze zmysły oraz percepcja są w stanie przetworzyć szeroki strumień wrażeń, kierowanie się własną mentalną mapą umożliwiającą umiejscowienie samego siebie pośród bezkresu niczym nieograniczonej całości może przynieść ukojenie. W filmie dokumentalnym Patricia Guzmána *Tęsknota za światłem* (2010) Luís Henriquez, były więzień obozu koncentracyjnego Chacabuco na pustyni Atakama w Chile, powstałego za czasów dyktatury Pinocheta, opowiada o tym, jak lekcje astronomii prowadzone przez jednego ze

współwięźniów pomogły jemu oraz innym w jakimś sensie odzyskać wewnętrzną wolność na przekór panującym w więzieniu ciężkim warunkom.

W buddyzmie, sufizmie, mistycznym chrześcijaństwie oraz innych tradycjach nieskończona przestrzeń traktowana jest jako cudowne podłoże rzeczywistości. Podobny pogląd wyrażają wizjonerzy oraz pisarze, którzy w swoich tekstach nie próbują zawrzeć wykładni żadnej zorganizowanej religii, a jednocześnie czują głęboki związek z tętniącym życiem światem przyrody. „Czas to jedynie strumień, w którym łowię ryby – pisał Henry David Thoreau. – Czerpię z niego, lecz pijąc, dostrzegam piaszczyste dno. Płytka woda toczy się leniwym nurtem, wieczność jednak nie przemija. Napiłbym się, czerpiąc głębiej, łowiłbym ryby w niebiosach, których dno usiano gwiazdami". Richard Jefferies opisał moment, gdy leżał na leśnej ścieżce i spoglądał w rozgwieżdżone niebo: „Czułem wyraźnie, że naprawdę unoszę się między nimi; ani nie górowały nade mną, ani nie otaczały mnie z każdej strony nieboskłonu, po prostu byłem pośród nich". Z kolei bohater powieści science fiction Olafa Stapledona *Gwiazdotwórca* z 1937 roku najpierw obserwuje niebo na półkuli północnej, przyglądając się „zżytym ze sobą" Plejadom oraz innym konstelacjom, po czym wyobraża sobie, że spogląda w dół, przez przezroczystą powierzchnię Ziemi, i widzi unoszące się na samym dnie gwiazdy przypominające ryby w głębinach jeziora.

„Na pustyni stajemy na granicy pomiędzy życiem a śmiercią, co w rzeczywistości może być dla nas uzdrawiającym doświadczeniem – twierdzi pisarz Ibrahim Al-Koni. – Bo tylko tam możemy złożyć wizytę śmierci, a potem wrócić do krainy żywych". I podobnie jest z naszymi wyimaginowanymi podróżami w kosmos, gdzie panują absolutnie nieprzyjazne warunki dla życia w postaci, w jakiej dziś je znamy.

Dziennikarz Lee Billings, który śledził badania naukowców poszukujących form życia w innych rejonach wszechświata, ostatecznie zwrócił się z powrotem ku Ziemi, uświadomiwszy sobie z całą mocą, na

jak cudownej planecie, wartej naszej wzmożonej troski i uwagi, przyszło mu wieść egzystencję. Moim zdaniem ten zwrot, a raczej powrót, zasługuje na osobną nazwę, jeśli już jej nie ma. Za sprawą przewrotu kopernikańskiego ludzkość odkryła, że Ziemia to tylko niewielka planeta orbitująca wokół gwiazdy średniej wielkości gdzieś na peryferiach jednej spośród niezliczonej ilości galaktyk; skala wszechświata zdecydowanie umniejszyła wagę ludzkiego istnienia. Powrót kopernikański, jak sam nazwałem tę zmianę paradygmatu myślenia, to moment, w którym nie odrzucając tego światopoglądu, zmieniamy jego wydźwięk. Nadal akceptujemy znikomość Ziemi w przestrzeni kosmicznej, jednocześnie w pełni doceniając jej **wartość**[233] i wyjątkowość. Zdajemy sobie również sprawę, że dotychczas żadne poszukiwania nie zbliżyły nas nawet o jotę do ogromu piękna planety i skrywanych przez nią cudów.

Zdaniem kosmologa George'a Ellisa mapy rzeczywistości zarówno w skali mikro, jak i makro docierają do granic tego, co możliwe, lecz potencjał złożoności środkowego poziomu, w którym żyjemy, wydaje się bezgraniczny. Jednakże niezależnie od tego, jak naprawdę przedstawia się sytuacja na dwóch skrajnych biegunach, zachwyt nad światem, który jesteśmy w stanie bezpośrednio objąć naszymi zmysłami, może tworzyć spójną całość z tym, co nas zdumiewa i kiedy obserwujemy mikro- i makroświat. „Wyzwanie, przed którym stajemy tu, na **Ziemi**[234] – tłumaczy pisarz Barry Lopez – polega na tym, by dzielić wizję świata z kosmologami skupionymi na nieustającym akcie tworzenia i fizykami mówiącymi o paradoksach czasoprzestrzeni, by dostrzegać subtelne dostojeństwo i zmienność otaczających nas krajobrazów, z których każdy jest istnym tyglem tajemnic, zawierającym w sobie całe mnóstwo mikrokosmosów – jak lis polarny, brzoza karłowata czy mezon π – będąc elementem większych całości, takich jak choćby [galaktyczne] mgławice".

Słowo *world* (świat) pochodzi od staroangielskiego *weorold* – rzeczownika złożonego z dwóch członów: *wer* oznaczającego „człowieka" oraz *eld* – „wiek". Innymi słowy, „świat" to „wiek człowieka". Anglosasi prawdopodobnie mieli na myśli Midgard, środkowy z dziewięciu mitologicznych światów, który jako jedyny był zamieszkany przez ludzi, jednak w etymologii tego słowa współczesny człowiek odkrywa zupełnie nowe znaczenie. Bowiem dzisiaj naprawdę żyjemy w epoce człowieka, tj. w antropocenie, w którym jesteśmy dominującą siłą na Ziemi. Ludzie tworzą prawdziwe cuda (niektóre z nich będę omawiać w następnym rozdziale), jednak w trakcie tego procesu wielu z nas niszczy inne wspaniałe rzeczy. Dominacja niekoniecznie musi oznaczać kontrolę, zwłaszcza że obecnie panujemy nad wpływem, który wywieramy na naszą planetę, mniej więcej w takim samym stopniu, w jakim nałogowy palacz panuje nad uzależnieniem oraz zagrożeniami płynącymi z faszerowania swojego organizmu nikotyną. W tej chwili zmiany klimatyczne zachodzą znacznie szybciej, niż jeszcze kilka lat temu przewidywały najczarniejsze scenariusze, zaś tempo wymierania gatunków zdaje się przyspieszać z każdym dniem. Opowiadając się po stronie pozytywnego myślenia, astrobiolog David Grinspoon wyraża nadzieję, że cała nasza cywilizacja (a nie tylko

mniejszość stojąca ostentacyjnie na straży moralności) zdoła rozwinąć **„inteligencję planetarną”**[235], która nauczy nas holistycznej troski o świat. Oczywiście dopiero przyszłość pokaże, czy rzeczywiście kolektywnie okażemy się dostatecznie mądrzy, czy też nasze działania w dalszym ciągu niewiele się będą różnić od nieleczonej infekcji bakteryjnej.

Śniąc o nowych światach

Termin „wirtualna rzeczywistość” – imitacja realnych wrażeń i obrazów lub wizja całkiem nowego świata wygenerowana przez wykorzystujące oprogramowanie technologie – został ukuty pod koniec XX wieku. Jednak na jakimś poziomie nowoczesna technika jedynie kontynuuje dzieło będące od zarania ludzkości domeną mózgu. W każdej świadomej sekundzie egzystencji ludzki mózg gromadzi i scala ulotne, przypominające szkice obrazy otaczającego nas świata, odtwarza miejsca utracone wraz ze zmianą przestrzeni i upływem czasu albo tworzy alternatywne rzeczywistości. Każdy z nas, podobnie jak więźniowie platońskiej jaskini, wyświetla projekcję tego, co uznaje za **rzeczywiste**[236], na wyimaginowanym ekranie własnej czaszki. (Jak sugeruje John Berger, we wnętrzu prawdziwych jaskiń, których ściany nasi przodkowie w epoce kamienia pokrywali malowidłami, było wszystko: wiatr, woda, ogień, odległe krainy, umarli, pioruny, ból, ścieżki, zwierzęta, światło, nienarodzone dzieci…)

Jednak za pomocą zaawansowanych technologii jesteśmy w stanie w sposób niezawodny zarówno tworzyć, jak i odtwarzać alternatywne światy, i to na zamówienie. Co więcej, wraz z ich postępującym rozwojem możliwe będzie projektowanie coraz bardziej przekonujących iluzji. Za ich pomocą zdobędziemy dostęp do niemal nieograniczonej ilości informacji, a także dodatkowej stymulacji zmysłów podczas interakcji ze światem rzeczywistym. Oznacza to, że

pod pewnymi względami staniemy się zdolni do przezwyciężenia impasu opisanego przez Borgesa w opowiadaniu *O dokładności w nauce*, w którym mapa imperium staje się tak szczegółowa i rozrasta się do takich rozmiarów, że grozi zakryciem całego terytorium, w związku z czym praca nad nią zostaje przerwana. Zamiast pozbyć się mapy przez jej wielkość i niepraktyczność, będziemy mogli niemal bez żadnego wysiłku dostać się do każdego jej zakątka, niezależnie od odległości. Ma to swoje dobre i złe strony. Niektóre z potencjalnych zagrożeń dobrze znamy z filmów i książek. Za sprawą technologii może stać się na przykład możliwe uwięzienie nas w wirtualnym świecie równoległym, w którym sami nie będziemy sobie zdawać sprawy z własnej niewoli – jak w ***Matrixie***[237], z tą różnicą, że iluzja będzie kontrolowana przez państwa, korporacje lub grupy przestępcze, a nie przez inteligentne maszyny.

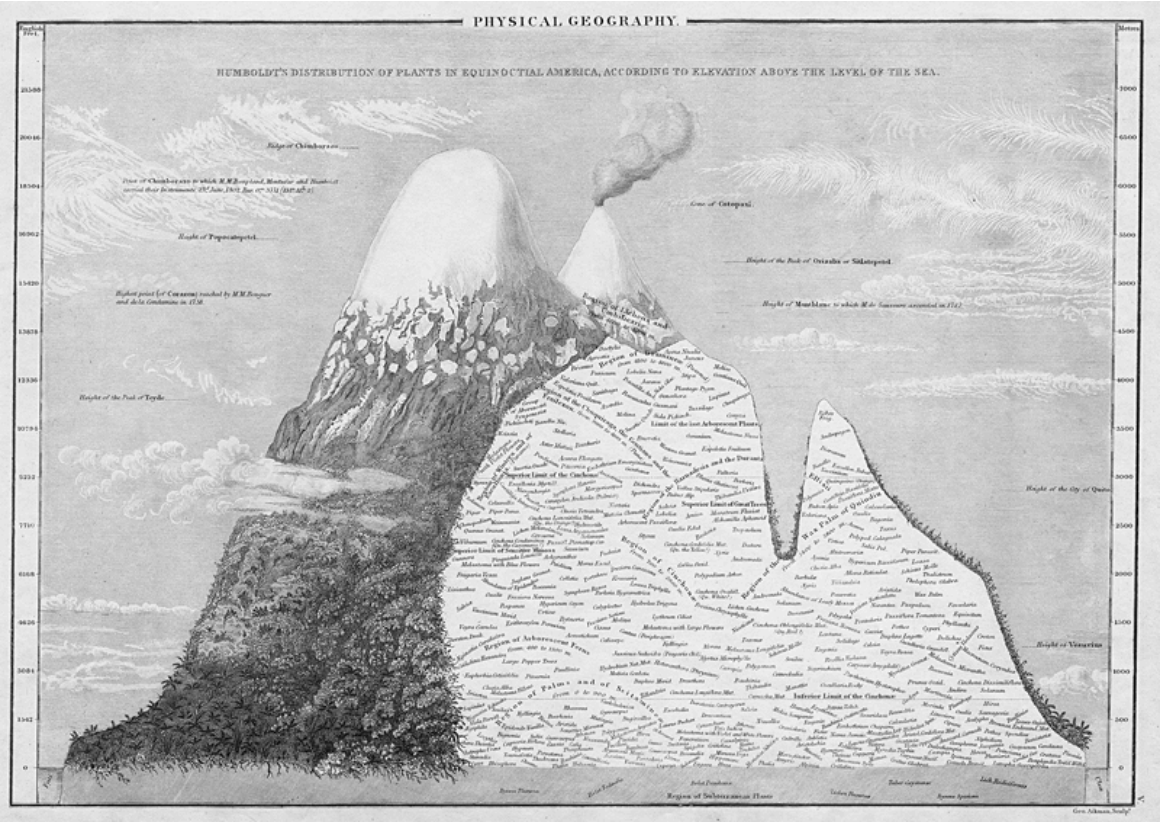
Jeśli jednak mądrze ją wykorzystamy – a przecież nic nie stoi temu na przeszkodzie – wirtualna rzeczywistość i jej pochodne mogą otworzyć przed nami wspaniałe możliwości. Systemy „zmiksowanej" i wzbogaconej rzeczywistości, w których mapy i informacje płynnie nakładają się na obraz przed naszymi oczami, mogą usprawniać działania osób pracujących na rzecz globalnego rozwoju lub zwalczających przestępczość i korupcję. Mogą umożliwić także tworzenie eksperymentalnych scenariuszy wszelkich wyobrażalnych rodzajów totalnej wolności bez ryzyka szkody dla innych. Już dziś za pomocą zestawu do rzeczywistości wirtualnej jesteśmy w stanie na przykład przekonać się, jak to jest żyć na zagrożonej rafie koralowej albo doświadczyć, co czuje krowa idąca na rzeź. I, podobnie jak mieszkańcom Baucis w powieści Itala Calvina *Niewidzialne miasta* z 1972 roku, którzy z bezpiecznej odległości kontemplują obraz świata, prawdopodobnie będzie nam dane podziwiać z bliska cuda natury, nie zakłócając jej porządku. (Sam szczyt mojej długiej listy okupują *tepui* na pograniczu Brazylii, Wenezueli i Gujany – „Zaginiony Świat" prastarych gór stołowych, których strome zbocza wynurzają się spomiędzy

otaczających je lasów. Po dziś dzień jest to jeden z najmniej zbadanych obszarów Ziemi; znajdują się tam najgłębsze na świecie leje krasowe oraz systemy jaskiń niezmącone od milionów lat. W głębinach skalnych grot uformowały się nacieki krasowe kształtem przypominające chmury skłębionego dymu oraz podobne do grzybów mineralne narośle).

Wirtualna czy też rozszerzona rzeczywistość może także wyczulić jej użytkowników na drobne, subtelne szczegóły, dzięki czemu stanie się możliwe – podobnie jak w powieści Thomasa Hardy'ego *The Woodlanders* – na przykład rozróżnianie z oddali gatunków drzew jedynie na podstawie jakości wiatru szumiącego między ich gałęziami. Wówczas każdemu z nas być może przypadnie w udziale wspaniała, wewnętrznie spójna wizja podobna do tej, której w 1802 roku w pobliżu szczytu góry Chimborazo w Andach doświadczył Alexander von Humboldt, który integrując w umyśle posiadaną przez siebie wiedzę teoretyczną i empiryczną, w jednej chwili ujrzał i p o c z u ł otaczający go krajobraz w całej okazałości, od skalistego podłoża u jego stóp, przez ciągnące się po horyzont alpejskie zbocza, po gęstwinę leśnego poszycia.

W powieści science fiction Kim Stanley Robinson *Aurora* z 2015 roku gigantyczny statek kosmiczny zostaje wysłany z misją skolonizowania planet otaczających gwiazdę Tau Ceti, oddaloną od Ziemi o dwanaście lat świetlnych. W rzeczywistości podróż zajmuje sto sześćdziesiąt lat, na przestrzeni których siedem kolejnych pokoleń stanowiących załogę statku wiedzie egzystencję w specjalnych kapsułach, które wirują wokół centralnej osi, wytwarzając w ten sposób sztuczną grawitację. Każda ma cztery kilometry długości i jest na tyle obszerna, by pomieścić symulakrum całego ekosystemu – las deszczowy, sawannę, pustynię czy obszar leśny o umiarkowanym klimacie. Mieszkańcy wszystkich kapsuł z wyjątkiem jednej wiedzą, że te małe światy, w których się rodzą i umierają, zostały stworzone przez człowieka i stanowią jedynie element wielkiego statku kosmicznego, który sam też jest tylko narzędziem służącym do osiągnięcia konkretnego celu. Wyjątkiem są dzieci zamieszkujące biom tundry zwany Labradorem, gdzie dorastają

w takich samych warunkach jak ich przodkowie: podążają śladem karibu, żyją z uprawy ziemi i uczą się, jak to ujmuje jedno z nich, czym są jako zwierzęta i w jaki sposób stają się ludźmi. Dopiero gdy osiągają dojrzałość, rodzice ubierają je w skafandry kosmiczne i wyprowadzają na zewnątrz, by poznały prawdę. Szok, którego doznają razem z uświadomieniem sobie, że całe ich dotychczasowe życie było iluzją, jest ogromny. Jednak większość z nich wychodzi silniejsza z tego doświadczenia, a ci, którzy decydują się pozostać na Labradorze, wierzą, że są jedynymi normalnymi członkami całej załogi i wychowują swoje dzieci w taki sam sposób.


PHYSICAL GEOGRAPHY.
HUMBOLDT'S DISTRIBUTION OF PLANTS IN EQUINOCTIAL AMERICA, ACCORDING TO ELEVATION ABOVE THE LEVEL OF THE SEA.

Przekrój poprzeczny góry Chimborazo ukazujący rozmieszczenie poszczególnych formacji roślinnych według wysokości. Ilustracja autorstwa Alexandra von Humbolta i Aimégo Bonplanda z 1805 roku.

Ja i ty, drogi czytelniku, również żyjemy w dwóch różnych światach: wyimaginowany przez nas obraz rzeczywistości, który uznajemy za realny, zawiera się w granicach większego świata, niebędącego

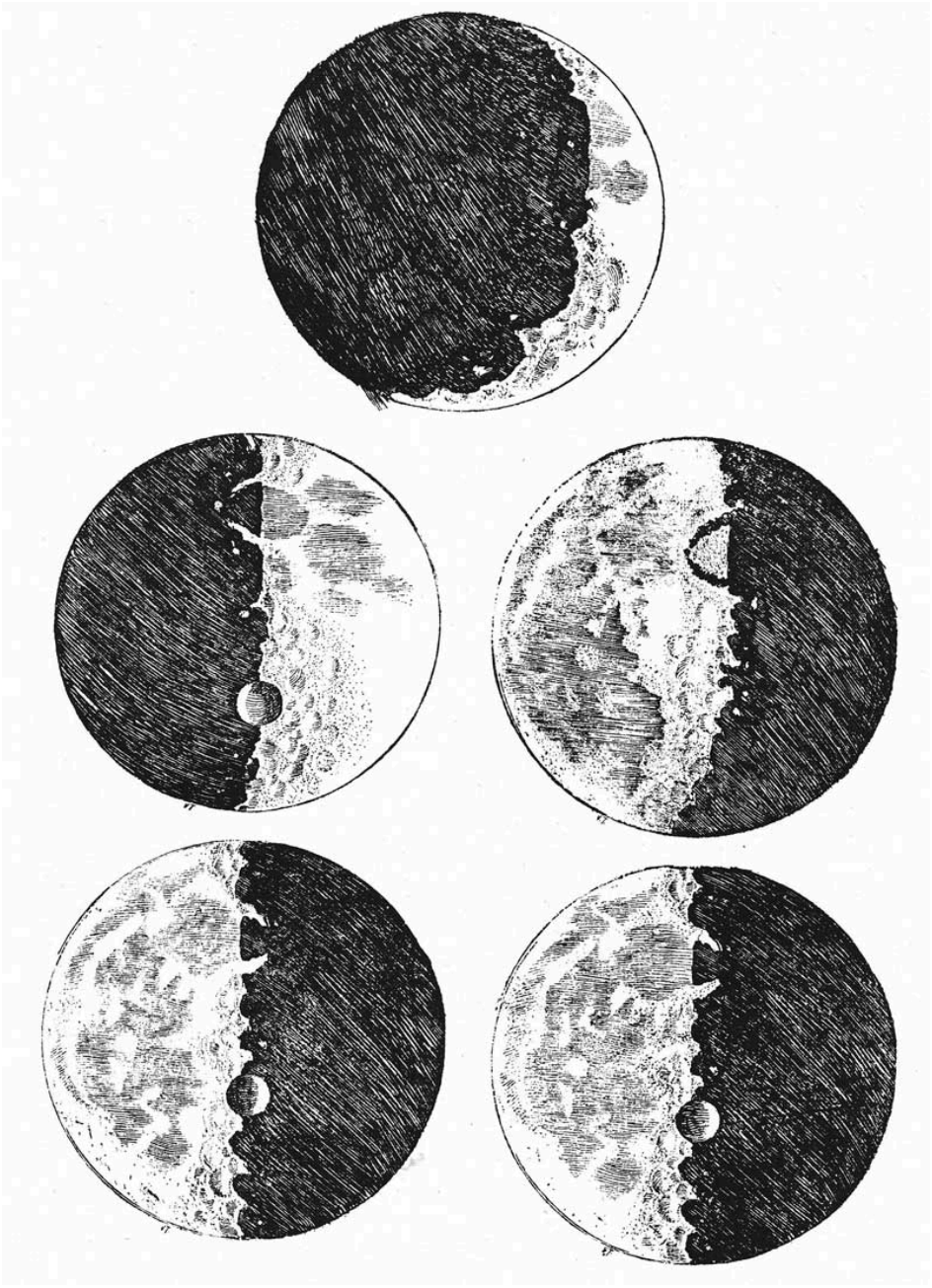
wytworem człowieka. Czasami zdarza nam się wyczuć istnienie drugiego, okalającego naszą rzeczywistość uniwersum. Możemy tego doświadczyć w chwilach, gdy nie sięgamy w pośpiechu po **słowa**[238], mapy czy inne konceptualne ramy. „Kiedy obserwator nie przekształca natychmiast w język informacji, których dostarczają mu zmysły – pisze Barry Lopez – istnieje większa szansa, że nieistotne na pierwszy rzut oka detale pozostaną na pierwszym planie zmysłowego wrażenia, gdzie z czasem będą miały okazję odsłonić głębię swojego znaczenia".

Jeśli świat ma się stać czymś więcej niż tylko areną dla ludzkich poczynań, jeśli ma być miejscem, gdzie człowiek rozkwita, bo pozwala rozkwitać wszystkiemu wokół siebie, od czasu do czasu trzeba będzie zamilknąć, odłożyć na bok technologię i wyjść poza granice naszej wizji rzeczywistości, by pozwolić się uobecnić temu, co peryferyjne i nieprzewidywalne. W takich chwilach być może uświadomimy sobie, o czym pisał w wierszu *Postscript* [Postscriptum] Seamus Heaney: „nie ma nas ani tutaj, ani tam; w pośpiechu mijają nas rzeczy znane i nieznane".

Większość tej książki powstała w szopie, gdzie, podobnie jak kopista Bartleby, mam z okna niczym nieprzesłonięty widok na ceglaną ścianę. Jednak na tydzień trafiłem do innej szopy: chaty na wzgórzu wznoszącym się nad zatoką na zachodnim wybrzeżu wyspy Eigg, wchodzącej w skład archipelagu Hebrydów Wewnętrznych. Tym razem z mojego okna rozciągał się widok na sąsiednią wyspę Rùm: mocno zerodowane zbocza wulkanu, który wypalił się dziesiątki milionów lat temu, lecz wciąż góruje nad wodą, wynurzając się z niej na niemal tysiąc metrów. Widziałem również szeroki pas otwartego morza, zaś w pogodne wieczory obserwowałem, jak delikatne, letnie obłoki wznoszą się nad południowo-zachodnim horyzontem i przetaczają ponad złotymi wodami zatoki z prędkością małej wskazówki zegara. Od czasu do czasu na samym skraju linii zachodniego horyzontu wielorybie grzbiety Barry, Vatersay, Sandray i Pabbay – wysp Hebrydów Zewnętrznych oddalonych o jakieś osiemdziesiąt kilometrów –

wyłaniały się nagle ze światła i z **toni**[239] niczym mityczne Wyspy Szczęśliwe.

Którejś nocy idealny półksiężyc zawisł nad wodami zatoki. Przyszedł mi wówczas na myśl głowiący się nad wymiarami nieba Anaksymander, który dokonał prawdziwie niezwykłego skoku wyobraźni. Przez szkła lornetki widziałem biegnące wzdłuż środkowej linii Księżyca kratery, wyraźnie odcinające się na tle rzeźby terenu, zaś fragmenty ich okrągłych krawędzi po pogrążonej w cieniu stronie tarczy wyglądały dokładnie tak samo jak na wykorzystujących efekt światłocienia rysunkach Galileusza z 1610 roku. Wyobrażałem sobie, jak ten wielki astronom ustawia swój prymitywny teleskop i jego oczom ukazuje się dokładnie ten sam widok co mnie. I zastanawiałem się, jak się musiał czuć, kiedy po raz pierwszy zobaczył, że Księżyc – podobnie jak Ziemia – wcale nie jest idealnie gładki, tylko ma chropowatą, górzystą powierzchnię.



Wdychałem głęboko zapach tej spokojnej, bezwietrznej nocy. Gdy wpatrywałem się w tarczę Księżyca, do moich uszu docierał delikatny plusk fal obmywających piaszczysty brzeg oddalonej o kilometr zatoki. Wszystkie te zmysłowe wrażenia przepełniły mnie wielką radością i promieniującym wręcz spokojem ducha. Miałem poczucie, że jestem w tym momencie w pełni obecny. Dodatkową przyjemność czerpałem z możliwości doświadczenia tego na Eigg, gdzie po dwudziestu latach

zmagań mieszkańcom udało się wywalczyć wspólne prawo do ziemi i gdzie kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju, dokładają dziś wszelkich starań, by stworzyć przyjazną, sprawiedliwie funkcjonującą społeczność. W drodze na wyspę zrobiłem sobie przystanek w Arisaig, wiosce leżącej na wybrzeżu stałego lądu, by złożyć hołd pod pomnikiem czechosłowackich ochotników. Na tych terenach w czasie drugiej wojny światowej pod okiem agentów z Kierownictwa Operacji Specjalnych przygotowywali się do zamachu na Reinharda Heydricha, głównego autora koncepcji ostatecznego rozwiązania kwestii żydowskiej. Monument w Arisaig stanowi ważną pamiątkę epoki, w której przedstawiciele pokolenia moich dziadków nie zgodzili się siedzieć bezczynnie, tylko ramię w ramię z innymi narodami Europy postawili zbrojny opór ludziom głoszącym jedną z najbardziej zbrodniczych ideologii w historii świata.

Pierwszym Europejczykom, którzy pożeglowali do Patagonii, tubylcy jawili się jako odrażające stworzenia o monstrualnie dużych stopach. W ciągu kolejnych czterystu lat biali kolonizatorzy wymordowali lub zniewolili większość z nich. Jeden z ostatnich aktów **ludobójstwa**[240] miał miejsce na przełomie XIX i XX wieku, kiedy dokonano zagłady mieszkańców Ziemi Ognistej. Do ludzi z plemienia Selk'nam strzelano jak do dzikich zwierząt, natomiast przedstawicieli Yamana i Alakalufów wyznaczono jako cele misji, w większości zapadali po nich na różne choroby i umierali. Jedynie garstka tubylców przetrwała na fotografiach wykonanych przez antropologa Martina Gusindego około roku 1920. Jego zdjęcia to głównie proste portrety i sceny z życia codziennego, ale można na nich zobaczyć także istoty ze świata duchów. W postacie pozaziemskich bytów wcielili się mężczyźni w maskach pomalowani ochrą (czerwień), zmielonymi kośćmi (biel) i węglem drzewnym (czerń). Dzięki temu zabiegowi wiemy, jak wyglądają następujące duchy: Shéit – duch śnieżnego (południowego) nieba, Pâhuil – duch morskiego (wschodniego) nieba, Télil – duch deszczowego (północnego) nieba, Shénu – duch wietrznego (zachodniego) nieba. Gusinde

sfotografował ich oczywiście znacznie więcej. Z **cieni**[241], które ci ludzie pozostawili po sobie, jesteśmy w stanie wyczytać, w jaki sposób tworzyli mapy żywiołów na własnej skórze, a potem wchłaniali w siebie ich moc. Białe plamy na ciemnych tłach ich ciał prawdopodobnie symbolizują gwiazdy.

Gdy wróciłem do mojej przydomowej szopy, raz jeszcze dokładnie przyjrzałem się wiszącej nad biurkiem reprodukcji mapy z Hereford. W prawym dolnym rogu, poza granicami okręgu przedstawiającego świat, widać podróżnego na koniu, który macha na pożegnanie. (Wygląda trochę jak bardziej niewinny, mniej zaprawiony w bojach

kuzyn centralnej postaci jednego z mistrzowskich miedziorytów Dürera z lat 1513–1514, zatytułowanego *Rycerz, śmierć i diabeł*). Łatwo jest sobie wyobrazić, że obrany przez niego za cel nieodkryty ląd to nasz świat i że gdy do niego dotrze, prawdopodobnie go nie rozpozna.

Dziś los naszej planety jest równie nieodgadniony. Jeśli poziom wód w morzach i oceanach znacznie się podniesie – a niestety wiele na to wskazuje – kształty kontynentów, jakie oglądamy w naszych atlasach, ulegną zmianie, jeżeli zaś ludzie nie przemyślą ani nie zmienią swojego obecnego postępowania, i to w wielu kwestiach, ogromne zasoby cudów przyrody, zarówno na lądzie, jak i na morzu, znacznie się przerzedzą i stracą na różnorodności. „Odchudzanie" natury to zaledwie początek nadchodzącej przemiany. Być może jednak nasz świat wypełnią cuda, o jakich do tej pory nawet nam się nie śniło. Tak czy inaczej, przyszłość wciąż pozostaje dla nas jedną wielka **niewiadomą**[242]. Podróż, którą właśnie odbywamy, wiedzie nas do kraju, którego nie ma na żadnej mapie.

Kilka tygodni po powrocie z Eigg udałem się w końcu do katedry w Hereford, gdzie przechowywana jest oryginalna *mappa mundi*. Choć wiek odcisnął na niej piętno, o czym świadczy zbrązowiały

i pomarszczony papier, jej rozmiar nadal robi wrażenie, które potęgują staranna ekspozycja oraz oświetlenie godne prastarego skarbu. Podczas swojej wizyty odkryłem również miejsce, o którego istnieniu nie miałem wcześniej zielonego pojęcia, w związku z czym wcale nie planowałem go odwiedzić. Sama katedra to doprawdy wspaniała budowla, stanowiąca dowód odwagi, wiary i zmysłu estetycznego i tych, których już z nami nie ma i którzy dziś o nią dbają. Jednak prawdziwe cuda, co zresztą widać na mapie, znajdują się poza jej murami. Kiedy wszedłem do kaplicy Audley, ujrzałem świetliste witraże, błyszczące intensywnie w promieniach porannego słońca. Kolorowe szkła upamiętniają życie i wizje Thomasa Traherne'a, poety i miejscowego duchownego, który swój prawdziwy kościół odnalazł na łąkach i wzgórzach. Dla niego nawet powietrze było święte „z powodu jego szlachetnej i czystej przejrzystości [...], każdy ze światów byłby nic nie wart bez tego cennego skarbu".

Widząc światło sączące się przez witraże niczym dźwięki w trzeciej części kompozycji *Harmonielehre* Johna Adamsa, poczułem przemożną chęć, by wyjść na zewnątrz i odnaleźć jego źródło. Dlatego następnego dnia wsiadłem w samochód i pojechałem ponad trzysta kilometrów na wschód do miejsca, w którym **kończy się**[243] ląd. W Bradwell na półwyspie Dengie w hrabstwie Essex znajduje się plaża prawie w całości pokryta milionami muszli sercówek. Każda z nich, wypłukana przez morze i deszcz, jest jedyna w swoim rodzaju; każda to, cytując czternastowieczną mistyczkę Julianę z Norwich, „maleńka rzecz rozmiaru orzecha laskowego". Kiedy się po nich idzie, chrzęszczą pod stopami jak płatki śniadaniowe. Są u progu transformacji: część z nich zamieni się w piasek, reszta przeobrazi się w muł, by za ponad milion lat stać się skałą. W jednym miejscu, tam gdzie plaża jest prawie całkiem piaszczysta, do morza wślizguje się maleńka strużka słodkiej wody. Tuż przy jej ujściu w wyjątkowo cichy dzień można usłyszeć grzechotanie toczących się w jej nurcie muszelek.

7

PRZYSZŁE CUDA

Przygody z wyobraźnioskopem

[Człowiek] wszystko rozumem zwycięży. [...]
Ujarzmi w swojej uprzęży.
[...] A sił potęgę, które w duszy tleją,
popchnie od zbrodni lub cnoty koleją.

Sofokles, *Antygona*

Prasa, maszyna, droga żelazna, telegraf są to przesłanki,
z których dotychczas nikt jeszcze nie odważył się
wyciągnąć konkluzji; ta nastąpi po upływie tysięcy lat.

Fryderyk Nietzsche

Technologia to słowo oznaczające coś,
co jeszcze nie działa.

Douglas Adams

„Dzieci co rano wychodzą z domu bez niepokoju" – napisał André Breton w swoim *Manifeście surrealizmu* wydanym w 1924 roku. „Wszystko jest bliskie, najgorsze warunki materialne są doskonałe". Ale,

przekonywał, w miarę jak dzieci dorastają, pozwala im się wykorzystywać ich nieograniczoną wyobraźnię wyłącznie w zgodzie z narzuconymi arbitralnie prawami, a gdy człowiek osiągnie wiek około dwudziestu lat, wyobraźnia w dużej mierze go „porzuca". Nasze mózgi usypia „nieustępliwa mania, która sprowadza nieznane do znanego, do czegoś, co jest zaszufladkowane". Jako ucieczkę przed tym losem Breton proponuje wyciągnięcie nauki ze snów i obłędu, albowiem abstrahując od tego, jak wiele kłopotów sprawiają szaleńcy reszcie społeczeństwa, są przynajmniej uczciwi w kwestii własnych złudzeń.

Surrealizm, ruch artystyczny zainspirowany po części przez Bretona, dążył do wyzwolenia wyobraźni poprzez kreowanie dziwnego, niesamowitego piękna rodem ze snów lub szalonych wizji: filiżanka, spodek i łyżeczka pokryte futrem, telefon homar, obraz z człowiekiem patrzącym w lustro, w którym odbija się tylko tył jego głowy. Za tymi igraszkami krył się poważny zamysł. W 1916 roku, osiem lat przed napisaniem manifestu, Breton jako młody adept medycyny i psychiatrii pracował w szpitalu dla obłąkanych. Działo się to w szczytowym momencie Wielkiej Wojny, kiedy codziennie na froncie ginęły lub odnosiły poważne rany tysiące ludzi. Jednym z jego pacjentów był mężczyzna, który upierał się, że nie ma żadnej wojny. Niedługo po tym doświadczeniu Breton został wysłany do służby jako sanitariusz pod Verdun, gdzie trwająca dziesięć miesięcy bitwa, która bardziej przypominała plan **masowej eksterminacji ludzi**[244], pochłonęła około miliona ofiar. Według Bretona przyczyną tej straszliwej rzezi były nie tylko karygodne decyzje polityków czy żądza przemocy niektórych osób, lecz także burżuazyjna mentalność i cywilizacja sama w sobie. Jak stwierdził, nie może być „kompromisu ze światem, który niczego się nie nauczył z tak straszliwego doświadczenia". Alternatywę można jednak odnaleźć lub stworzyć za pomocą sztuki, która dzięki zderzaniu i łączeniu ze sobą odległych rzeczywistości w celu uzyskania niepokojących i wymykających się logice efektów ma szansę

doprowadzić do radykalnej zmiany myśli i uczuć. „Piękno – pisał Breton – będzie konwulsyjne albo go wcale nie będzie".

Można uznać, że przynajmniej na krótką metę surrealizm poniósł klęskę. Ku oburzeniu Bretona tworzący niemal równolegle Salvador Dalí, jeden z najsłynniejszych artystów kojarzonych z tym ruchem, wiódł bardzo komfortowe życie w Hiszpanii pod rządami faszystów. A nawet jeśli ktoś uważa, podobnie jak ja, że surrealizm i inne ruchy artystyczne osiągnęły w istocie naprawdę dużo – chociażby w kwestii zaskakiwania odbiorcy i wywoływania w nim zachwytu – pozostaje kwestią dyskusyjną, do jakiego stopnia napędzają one, a nie tylko odzwierciedlają realne zmiany zachodzące w społeczeństwie. W najlepszym wypadku sztuka wywiera wpływ w sposób niebezpośredni, poprzez kształtowanie natury naszych marzeń i naszych wartości. Jednak związek pomiędzy rozwojem technologii a ewolucją naszego pojęcia o tym, co jest możliwe – co prowadzi do zmiany naszego myślenia i zachowania oraz gotowości do odczuwania zachwytu – jest często bezpośredni i namacalny. Nowe technologie stwarzają nowe realia i nowe formy międzyludzkiej interakcji, w tym także nowatorskie formy sztuki. Technologiczne innowacje, zrodzone z marzeń, ale możliwe do wprowadzenia w życie dzięki logicznemu rozumowaniu i systematycznym eksperymentom, mogą pociągać za sobą konsekwencje, które przynoszą zachwyt, szok, wyzwolenie lub destrukcję – a czasami wszystko na raz.

Weźmy na przykład Atlasa, humanoidalnego robota zbudowanego przez firmę Boston Dynamics (a sfinansowanego przez DARPA, czyli Agencję Zaawansowanych Projektów Badawczych w Obszarze Obronności, działającą w ramach amerykańskiego Departamentu Obrony), który zgodnie z założeniem ma w przyszłości przeprowadzać operacje ratownicze. W trzyminutowym nagraniu bez żadnych dialogów ani narracji, opublikowanym w 2016 roku, Atlas budzi się do życia niczym bajkowy dziadek do orzechów i odłącza się od statycznej ekspozycji pozostałych robotów firmy, wśród których jest także BigDog,

gwiazda wcześniejszych filmików. Kierując się w stronę drzwi, Atlas unosi i stawia nogi jak dwuletnie dziecko – mierzące sto osiemdziesiąt centymetrów i zrobione ze stali – które sztukę chodzenia opanowało niedawno, ale porusza się już z coraz większą pewnością. Następnie idzie przez zaśnieżony las, wciąż zachowując dość dużą płynność ruchów. Zmierzając przed siebie, przypomina żywą istotę, co uruchamia głęboko w naszym mózgu określoną reakcję: to coś żyje i jest takie jak my, jest jednym z nas. A jednak to coś innego, obcego. Na nagraniu staje się to szczególnie widoczne, kiedy Atlas zaczyna tracić równowagę na nierównym gruncie i prawie się przewraca. W ludzkim mózgu funkcjonują przynajmniej dwa systemy przetwarzania informacji wizualnych – pod kątem percepcji oraz pod kątem zachowania – i jesteśmy w stanie poruszać się płynnie po wyboistym podłożu w dużej mierze dzięki temu pierwszemu, co we współpracy z pozostałymi zmysłami, takimi jak propriocepcja (nieustanna świadomość położenia naszych kończyn), umożliwia bardzo szybką korekcję sposobu kroczenia bez udziału świadomego myślenia. Atlas wydaje się reagować na konsekwencje niepewnego kroku z pewnym opóźnieniem i w rezultacie gwałtownie odchyla się od pionu. Jednakże za każdym razem udaje mu się **uniknąć upadku**[245] i odzyskać równowagę nawet z pozycji, w których większość ludzi już dawno by się przewróciła, i jak gdyby nigdy nic kontynuuje swoją nieco chybotliwą przechadzkę.

Następnie widzimy Atlasa znów pod dachem, gdzie podnosi pudła i stawia je na metalowych regałach. Jego ruchy są precyzyjne i nieco teatralne; wygląda to trochę tak, jakby mim dostał dorywczą pracę w magazynie. W kolejnym ujęciu jeden z inżynierów kijem hokejowym wytrąca Atlasowi z rąk przed chwilą podniesione pudło, a gdy robot się po nie schyla, przesuwa je coraz dalej i dalej po podłodze. Niczym w scence z Charliem Chaplinem, w której nieustępliwy bohater nie zraża się żadną porażką, robot niezmordowanie próbuje wykonać zamierzoną czynność. Na koniec ten sam mężczyzna podchodzi do

Atlasa od tyłu i mocno popycha grubą rurą, zwalając go z nóg. Przez chwilę Atlas leży w jogińskiej pozycji dziecka, wydaje się oszołomiony i zrezygnowany. Ale już za moment stopy i kończyny zmieniają ustawienie, słychać furkot pracujących stawów, robot odpycha się od ziemi i w okamgnieniu wstaje, wykazując nieludzką szybkość i siłę.

W tym niewinnym powrocie do wyprostowanej pozycji można dostrzec zapowiedź potężnej futurystycznej broni. Ale nie ma czasu o tym myśleć, bo Atlas znowu jest na nogach i za chwilę widzimy, jak wychodzi z budynku tylnymi drzwiami. Można w tym dostrzec aluzję do zwierzęcia dowcipnie uciekającego z zoo, jak w książeczce dla dzieci *Dobranoc, gorylku* Peggy Rathmann. Albo mechaniczne echo wędrówki Thoma Yorke'a z Radiohead w teledysku do piosenki *Daydreaming*.

Ciemne zwierciadło

W nadchodzących dekadach dziesiątki, może setki innowacji zmienią to, jak żyjemy – a tym samym, gdzie znajdujemy źródło zdumienia i zachwytu i w jaki sposób postrzegamy piękno świata poprzez technologię XXI wieku, a być może i to zawarte w niej samej. Niektóre z tych wynalazków mają szansę radykalnie przeobrazić ludzką egzystencję. W tym rozdziale przyjrzymy się pobieżnie **kilku**[246] spośród wielu działających na wyobraźnię możliwości, głównie w dziedzinach energetyki, eksploracji kosmosu oraz komputeryzacji i robotyki. Ale najpierw słowo ostrzeżenia i odrobina kontekstu.

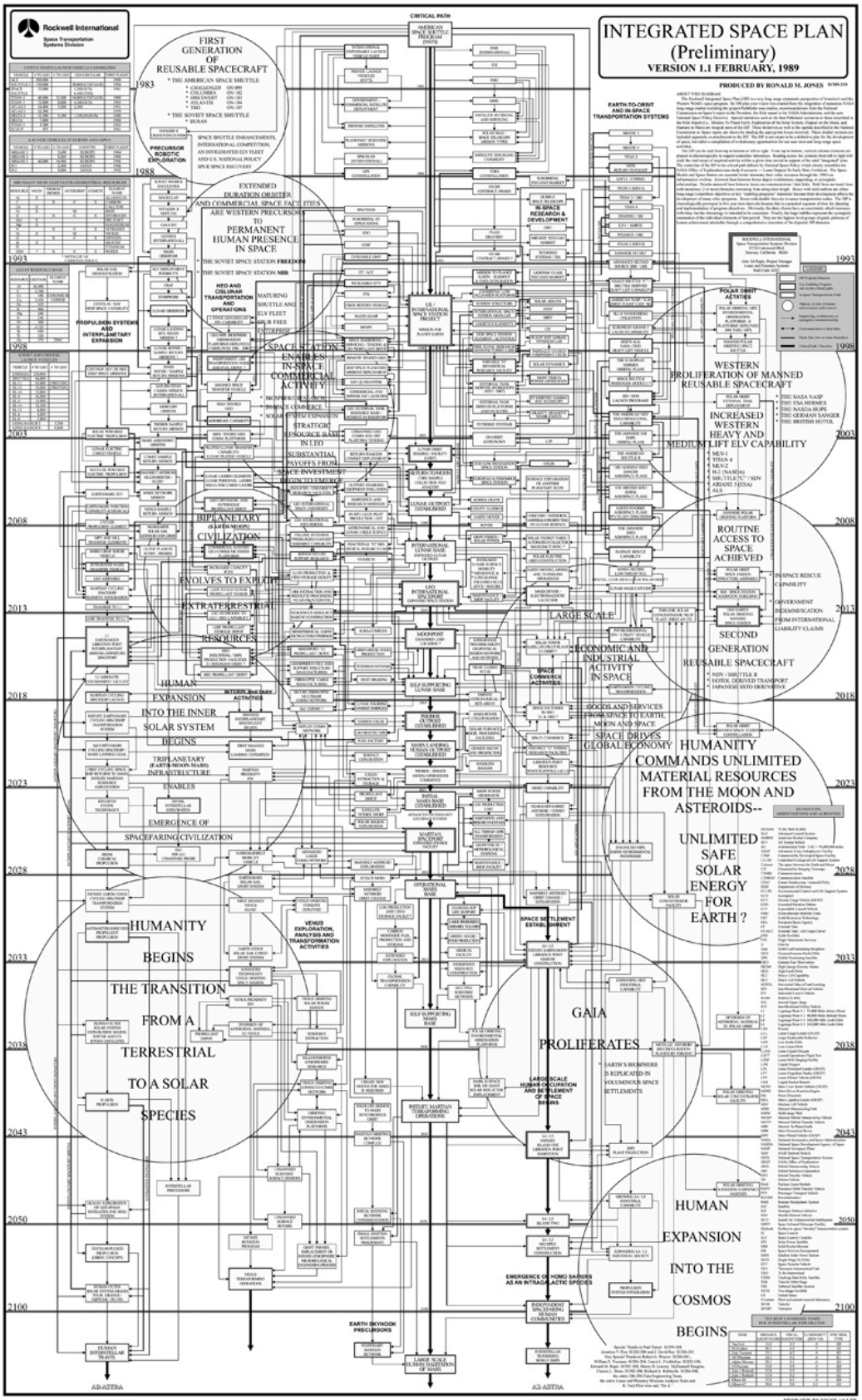
Autor literatury science fiction Stanisław Lem miał, jak już nieraz mówiono, rację we wszystkim. Przewidział zimnowojenną doktrynę wzajemnie zagwarantowanego zniszczenia, jeszcze zanim sformułowano strukturę nuklearnej triady (zdolności do przeprowadzenia ataku nuklearnego na lądzie, na morzu i w powietrzu). Przepowiedział internet na długo przed jego powstaniem i wiedział, że stanie się on areną, na której fałsz będzie

wypierać fakty („Co zrobić tam – pytał – gdzie doniosły fakt ginie w powodzi falsyfikatów"). A zanim ukuto termin „wirtualna rzeczywistość", on od dawna pisał już o jej prawdopodobnych efektach edukacyjnych i kulturowych. Stworzył też dla niej inną nazwę, być może lepszą: „fantomatyka". Przewidział wyzwania natury etycznej związane z inżynierią genetyczną i nanotechnologią dziesiątki lat przed tym, jak ten temat stał się aktualny. Mimo to Lem ostrożnie podchodził do kwestii prognozowania, ostrzegając, że nic nie starzeje się równie szybko jak próby przewidywania przyszłości.

Istnieje wiele powodów, dla których spekulacje na temat przyszłych technologii, nie wspominając o przyszłości jako takiej, często okazują się błędne. Jeden z nich to skłonność do niedoceniania tego, co niepewne, i nadmiernego bazowania na **tym, co już nam znane**[247]. „Myśl, że przyszłość może różnić się od teraźniejszości, jest tak wstrętna dla naszych konwencjonalnych modeli myślenia i zachowania – pisał ekonomista John Maynard Keynes – że [...] większość z nas usilnie opiera się przed wprowadzeniem jej w życie". Ale prawdą jest również, że ci, którzy wyobrażają sobie przyszłe zmiany, zazwyczaj znacznie nie doceniają bądź przeceniają tempo, w jakim będą one zachodzić. (Częstym źródłem pomyłek w tym względzie jest tendencja do lekceważenia wagi pozytywnego sprzężenia zwrotnego lub efektu lawiny – **to przychodzi niespodziewanie**[248].) Słynna uwaga przypisywana Thomasowi J. Watsonowi, drugiemu prezesowi IBM, który kierował tą firmą przez większość pierwszej połowy XX wieku – że na światowym rynku jest miejsce dla może pięciu komputerów – ma wprawdzie charakter apokryficzny, ale z tego, co nam wiadomo, w 1977 roku Ken Olsen z Digital Equipment Corporation naprawdę powiedział, że nie ma powodu, aby każda osoba miała w swoim domu komputer. Jeśli zaś chodzi o przeszacowane prognozy, oto, co zapowiadał zintegrowany plan kosmiczny, opracowany przez producenta promów kosmicznych Rockwell International Corporation w 1989 roku: początek stałej obecności ludzi w kosmosie we wczesnych latach

dziewięćdziesiątych; ustanowienie „biplanetarnej cywilizacji" na Ziemi i Księżycu do roku 2006; dostęp do nieograniczonej ilości surowców pozyskiwanych z asteroid przed rokiem 2020; ekspansja ludzkości poza granice Układu Słonecznego do roku 2050. Dziś, niemal trzydzieści lat później, od stałej obecności na Księżycu wciąż dzieli nas dobrych kilkadziesiąt lat. (Tylko jeden ze scenariuszy Rockwella wydaje się choć w części możliwy do zrealizowania zgodnie z rozkładem: nieograniczona energia słoneczna na Ziemi w latach dwudziestych XXI wieku).

Rozważania na temat technologii w izolacji od innych czynników nie doprowadzą nas zbyt daleko; także ci, których praca polega na tworzeniu poważnych planów bazujących na przyszłości biznesu i społeczeństwa, podkreślają, jak ważne jest analizowanie rozwoju technologicznego w odniesieniu do pozostałych stymulantów zmiany. Futurysta David Wood, który ostrzega przed wygłaszaniem prognoz sięgających dalej niż dziesięć lat w przyszłość, uważa, że o kształcie następnej dekady zadecydują cztery współzależne trajektorie. Pierwszą stanowi trajektoria technologiczna, której potencjał jego zdaniem jest w dużej mierze bardzo pozytywny. Ale druga – zwiększające się prawdopodobieństwo występowania kryzysów społecznych – może wyrządzić wiele szkód. Wood przekonuje, że „wyścig" pomiędzy tymi dwoma torami zostanie zapewne rozstrzygnięty przez trzeci: stopień, w jakim ludzie z różnych części świata nauczą się ze sobą współpracować zamiast konkurować. A na to z kolei będzie miał wpływ czwarty: filozofie i wartości, które będą kierować naszymi działaniami.


Rockwell International
Space Transportation Systems Division
INTEGRATED SPACE PLAN
(Preliminary)
VERSION 1.1 FEBRUARY, 1989
PRODUCED BY RONALD M. JONES
CRITICAL PATH
AMERICAN SPACE SHUTTLE PROGRAM (NSTS)
FIRST GENERATION OF REUSABLE SPACECRAFT
* THE AMERICAN SPACE SHUTTLE
* COLUMBIA OV-102
* CHALLENGER OV-099
* DISCOVERY OV-103
* ATLANTIS OV-104
* THE SOVIET SPACE SHUTTLE
* BURAN
1983
1988
1993
1998
2003
2008
2013
2018
2023
2028
2033
2038
2043
2050
2100
PRECURSOR ROBOTIC EXPLORATION
SPACE SHUTTLE ENHANCEMENTS, INTERNATIONAL COMPETITION, AN INTEGRATED FLEET AND U.S. NATIONAL POLICY SPUR SPACE RECOVERY
EXTENDED DURATION ORBITER AND COMMERCIAL SPACE FACILITIES ARE WESTERN PRECURSORS TO PERMANENT HUMAN PRESENCE IN SPACE
* THE SOVIET SPACE STATION FREEDOM
* THE SOVIET SPACE STATION MIR
HEO AND CIS/LUNAR TRANSPORTATION AND OPERATIONS
MATURING SHUTTLE AND ELV FLEET
SAFE, RELIABLE, ROUTINE
SPACE STATION ENABLES IN-SPACE COMMERCIAL ACTIVITY
* RESPONSIVE SPACE INFRASTRUCTURE
* PRIVATE COMMERCE
* SOLAR SYSTEM EXPANSION STRATEGIC RESOURCE BASIS IN LEO
SUBSTANTIAL PAYOFFS FROM SPACE INVESTMENT BEGIN TO EMERGE
BIPLANETARY CIVILIZATION
EVOLVES TO EXPLOIT
EXTRATERRESTRIAL RESOURCES
HUMAN EXPANSION INTO THE INNER SOLAR SYSTEM BEGINS
TRIPLANETARY (EARTH-MOON-MARS) INFRASTRUCTURE ENABLES
EMERGENCE OF SPACEFARING CIVILIZATION
HUMANITY BEGINS THE TRANSITION FROM A TERRESTRIAL TO A SOLAR SPECIES
US / INTERNATIONAL SPACE STATION PROJECT
MISSION FOR PLANET EARTH
LUNAR OUTPOST ESTABLISHED
RETURN TO MOON
LUNAR OUTPOST ESTABLISHED
INTERNATIONAL LUNAR BASE EXPANDED LUNAR OUTPOST
LEO INTERNATIONAL SPACEPORT EXPANDED SPACE STATION
MOONPORT ESTABLISHED
SELF-SUPPORTING LUNAR BASE
PERMANENT LUNAR BASE ESTABLISHED
MARS LANDING / RETURN EXPEDITION
MARS BASE ESTABLISHED
MARTIAN SPACEPORT ESTABLISHED
MARTIAN COLONY ESTABLISHED
SELF-SUPPORTING MARS BASE
OPERATIONAL MARS BASE
VENUS EXPLORATION, ANALYSIS AND TRANSFORMATION ACTIVITIES
SPACE SETTLEMENT ESTABLISHED
SELF-SUPPORTING MARS BASE
INITIATE MARTIAN TERRAFORMING OPERATIONS
LARGE SCALE HUMAN OCCUPATION AND SETTLEMENT OF SPACE BEGINS
GAIA PROLIFERATES
* EARTH'S BIOSPHERE IS REPLICATED IN VOLUMINOUS SPACE SETTLEMENTS
EMERGENCE OF HOMO SAPIENS AS AN INTERGALACTIC SPECIES
INDEPENDENT SPACE-FARING CIVILIZATION
INTERSTELLAR TERRAFORMING MANNED MISSION
EARTH SKYHOOK PRECURSORS
LARGE SCALE HUMAN HABITATION OF MARS
INTERSTELLAR PRECURSORS
AD ASTRA
EARTH-TO-ORBIT AND IN-SPACE TRANSPORTATION SYSTEMS
IN-SPACE RESEARCH & DEVELOPMENT
POLAR ORBIT ACTIVITIES
WESTERN PROLIFERATION OF MANNED REUSABLE SPACECRAFT
INCREASED WESTERN HEAVY AND MEDIUM LIFT ELV CAPABILITY
* MEV-1
* TITAN 4
* MEV-2
* H-2 (NASDA)
* SRL/TELETC*/ SDV
ARIANE 5 (ESA)
* ALS
* THE NASA NASP
* THE ESA HERMES
* THE NASDA H-OPE
* THE GERMAN SANGER
* THE BRITISH HOTOL
ROUTINE ACCESS TO SPACE ACHIEVED
* IN-SPACE RESCUE CAPABILITY
* GOVERNMENT DISENGAGEMENT FROM INTERNATIONAL LIABILITY CLAIMS
SECOND GENERATION REUSABLE SPACECRAFT
* NDV / SHUTTLE II
* EOTOL DERIVED TRANSPORT
* JAPANESE SSTO DERIVATIVE
LARGE SCALE ECONOMIC AND INDUSTRIAL ACTIVITY IN SPACE
GOODS AND SERVICES FLOW SPACE TO EARTH, MOON AND SPACE
SPACE DRIVES GLOBAL ECONOMY
HUMANITY COMMANDS UNLIMITED MATERIAL RESOURCES FROM THE MOON AND ASTEROIDS--
UNLIMITED SAFE SOLAR ENERGY FOR EARTH ?
HUMAN EXPANSION INTO THE COSMOS BEGINS
SPACE COMMERCE ACTIVITIES
INTERPLANETARY ACTIVITIES
PROPULSION SYSTEMS AND INTERPLANETARY EXPANSION
ENABLES
ABOUT THIS DIAGRAM
EXPLANATORY ABBREVIATIONS AND ACRONYMS
Special Thanks to Paul Tutter: IS'99-108
Jonathan V. Post: IS'92-500 and J. David Rai: IS'00-351
Very Special Thanks to Robert A. Weaver: IS'00-001
William Alford: IS'00-186, Jerry Pournelle: IS'92-196,
Edmund Kipp: IS'85-106, Harry D. Lowrey: Nathanael Douglas,
Charles L. Stone: IS'85-200, Richard A. Robitzki: IS'86-58,
the entire 286-208 Data Engineering Team,
the entire Lunar and Planetary Missions Analysis Team and
R. "Ted Pike who met "Dr. A."
REDRAWN BY NICOLAS LEE

Jednak zamiast próbować przewidywać przyszłość, futuryści często starają się raczej „zakłócić teraźniejszość” (jak ujął to pionier w tej dziedzinie, Gaston Berger). Według innego futurysty, Andrew Curry’ego, ich wysiłki „w dużej mierze sprowadzają się do pracy nad tym, aby ludzie zobaczyli z szerszej perspektywy system, którego stanowią część, ponieważ gdy realia szybko się zmieniają, dzieje się tak dlatego, że zmienia się jakiś element poza obrębem tego systemu”. Nadrzędna zasada brzmi zatem: jesteśmy tym lepiej przygotowani na zmierzenie się z przyszłością i kształtowanie jej, im większą posiadamy świadomość tego, co znajduje się **poza**[249] zwyczajowym zakresem naszej uwagi.

Jednym z wielu, którzy reprezentują to podejście, jest inwestor Albert Wenger. Przekonuje, że choć innowacje technologiczne poszerzają spektrum ludzkich możliwości, zawsze niosły ze sobą potencjał czynienia tak dobra, jak i zła. Na przykład umiejętność kontrolowania ognia dała początek zarówno sztuce gotowania, jak i **bezmyślnej destrukcji lasów**[250], a opanowanie obróbki żelaza umożliwiło wykuwanie nie tylko pługów, ale i mieczy. Analogicznie internet jest w stanie zapewnić wszystkim dostęp do darmowej edukacji, ale może także służyć do propagowania nienawiści i dezinformacji, natomiast sztuczna inteligencja może pomóc w bezpieczniejszym prowadzeniu samochodów albo w skuteczniejszym manipulowaniu ludźmi. Mimo to, jak twierdzi Wenger, obecna fala postępu technologicznego jest wyjątkowa, ponieważ niesie ze sobą gwałtowny przełom na skalę, której ludzkość doświadczyła dotąd jedynie dwa razy. Pierwszym takim kamieniem milowym było wynalezienie rolnictwa, drugim – oświecenie i początek epoki przemysłowej. Trzecią rewolucyjną zmianą według inwestora ma być wszechobecność technologii cyfrowej i uniwersalna dostępność mocy obliczeniowej przy **niemal zerowych kosztach krańcowych**[251]. Dogłębnie zmieni to naturę odczuwanego przez ludzkość „paraliżującego niedoboru”. Wenger raz jeszcze powołuje się tu na historyczny precedens. W czasach zbieracko-łowieckich

paraliżujący niedobór dotyczył żywności. W erze rolnictwa – ziemi. W epoce industrialnej odnosił się do kapitału. Natomiast w epoce, której rozwój obserwujemy obecnie, chodzi o wiedzę i uwagę innych. Niezmiernie ważne jest przy tym, aby możliwie sprawnie przebrnąć przez okres graniczny, ponieważ dwóm poprzednim przełomom towarzyszyły gwałtowne niepokoje społeczne i wstrząsy polityczne, łącznie z dwiema wojnami światowymi w trakcie przechodzenia od epoki agrarnej do industrialnej.

Historycy Naomi Oreskes i Erik Conway kreślą wizję przyszłości, w której społeczeństwom nie udało się gładko pokonać okresu granicznego. W ich spekulatywnym eseju z 2014 roku *Upadek cywilizacji zachodniej* chiński historyk piszący w 2393 roku analizuje XXI wiek, w którym zmiany klimatyczne wywołane działalnością człowieka wymknęły się spod kontroli (innymi słowy, kontynuowały trajektorię, która obecnie wydaje się bardzo prawdopodobna), czego efektem było masowe wymieranie z powodu wojen, głodu i chorób. Próbując zrozumieć, co poszło nie tak, kronikarz koncentruje się na mechanizmach zaprzeczania i okłamywania samych siebie, zakorzenionych w ideologicznej fiksacji na punkcie „wolnych" rynków. Tragedia polegała na tym, że wielu ludzi z zachodniej cywilizacji wiedziało, co się dzieje, ale nie potrafiło tego powstrzymać. „W rzeczy samej, najbardziej zadziwiające w omawianej historii jest właśnie to, jak wiele wiedzieli ci ludzie i do jakiego stopnia nie potrafili wykorzystać tej wiedzy w działaniu. Wiedza nie zamieniła się tu we władzę". Naukowcom pętała ręce ich własna niechęć do nazywania problemu po imieniu, a także potężne grupy interesu, które odrzucały wartości oświeceniowe na rzecz polityki postprawdy. Pierwszą zapowiedzią była ustawa zgromadzenia ogólnego stanu Karoliny Północnej (House Bill 819), która w 2012 roku zabroniła tamtejszym agencjom stanowym oraz lokalnym opierania swojej polityki morskiej na modelach naukowych wskazujących na coraz szybsze podnoszenie się poziomu oceanów. Potem przyszła kolej na Ustawę o ochronie stabilności narodowej z 2025 roku, która doprowadziła do skazania

i uwięzienia ponad trzystu naukowców za narażanie bezpieczeństwa i dobrostanu obywateli nadmiernie alarmistycznymi ostrzeżeniami. (Ustawa z 2012 roku naprawdę weszła w życie; kolejna istnieje rzecz jasna jedynie w wyimaginowanej przyszłości. Książka *Upadek cywilizacji zachodniej* została napisana, zanim Donald Trump i Scott Pruitt wprowadzili politykę negowania zmian klimatycznych na najwyższe szczeble amerykańskich władz).

Oreskes i Conway być może niesłusznie całą winę za brak dostatecznie szybkiej reakcji na zmiany klimatyczne zrzucają na rynkowy fundamentalizm. Życie złudzeniami i wypieranie prawdy w odniesieniu do całego szeregu wyzwań i zagrożeń, włączając w to zmiany klimatyczne, da się zaobserwować również u ludzi, którzy reprezentują inne wierzenia. Ale opisywany przez nich scenariusz wydaje się całkiem wiarygodną ekstrapolacją aktualnych trendów. Oczywiście jest to tylko jedna z wielu możliwych wersji przyszłości. Ostatecznie celem ich książki jest zmotywowanie ludzi do podjęcia kroków mających zapobiec właśnie takiemu rozwojowi wypadków. Sensem myślenia o przyszłości jest zmiana tego, jak zachowujemy się dzisiaj.

Energia dla dziesięciu miliardów ludzi

Dla dwóch z ponad siedmiu i pół miliarda ludzi żyjących dziś na świecie stosunkowo tania i dostępna w każdej chwili energia to cud codziennego życia, na który prawie nie zwracamy uwagi. To jedna z rzeczy, które czynią nas o wiele bogatszymi, choć niekoniecznie szczęśliwszymi od wcześniejszych pokoleń. Na przestrzeni lat ten trend oszałamia. W 1800 roku w Anglii godzina pracy za średnie wynagrodzenie mogła opłacić dziesięć minut sztucznego światła. W 1880 roku – na krótko przed upowszechnieniem się żarówek, gdy wciąż najlepszą opcją była lampa naftowa – można było za to kupić trzy godziny czytania po zmroku. Dzisiaj godzina pracy pokrywa trzysta dni

sztucznego światła. Jeszcze do niedawna większość energii umożliwiającej ten luksus pochodziła ze spalania węgla, ropy i gazu. Jednak dalsze utrzymywanie się tego stanu oznacza niebezpieczne zmiany klimatyczne. Aby zaspokoić energetyczne potrzeby stale rosnącej globalnej populacji, która najpewniej pod koniec obecnego wieku będzie wynosić od dziewięciu do dziesięciu miliardów ludzi, niezbędne są alternatywy o niskiej lub zerowej emisji dwutlenku węgla. Wyzwanie jest ogromne, ale możliwe do zrealizowania. Globalna konsumpcja węgla i ropy może sięgnąć szczytu nawet w 2020 roku, a globalne zapotrzebowanie na energię – dzięki stopniowemu zwiększaniu wydajności – prawdopodobnie już w latach trzydziestych XXI wieku.

Niektóre alternatywy dla paliw kopalnych są nam dobrze znane. Znajdują się wśród nich różne formy biomasy, takie jak drewno i paliwa z produktów rolnych, i zapewne pozostaną istotną częścią miksu energetycznego. Biomasa zapewnia około dwóch trzecich odnawialnej energii w Niemczech, kraju, który zrobił więcej niż niemal którykolwiek inny, aby zmienić swój sektor energetyczny i uczynić go bardziej ekologicznym. Ta strategia ma jednak swoje minusy – produkcja biomasy może wymagać dużych połaci żyznych gruntów i prowadzić do wycinki lasów obfitujących w wartościową florę i faunę – ale postęp technologiczny jest w stanie zredukować te negatywne strony. Ważnymi nowymi źródłami energii mogą się też okazać algi oraz inne formy życia genetycznie zmodyfikowane, by służyły za paliwo. Jeszcze jednym obiecującym rozwiązaniem wydaje się anaerobowa fermentacja roślin takich jak opuncja i inne sukulenty, które rosną w miejscach zbyt suchych, by prowadzić w nich produkcję rolną, bazując na opadach deszczu.

Energia nuklearna wytwarzana w konwencjonalnych reaktorach jądrowych również oferuje niemal zerową emisję gazów cieplarnianych i chociaż rząd niemiecki dąży do jej stopniowego wycofania na całym świecie, technologia ta jest wciąż bardzo istotna. Według danych

Światowego Stowarzyszenia Nuklearnego około czterystu czterdziestu reaktorów produkuje ponad jedenaście procent globalnej energii elektrycznej. W 2016 roku trwała budowa ponad sześćdziesięciu nowych reaktorów, planowanych było kolejnych sto sześćdziesiąt oraz prowadzono rozmowy na temat wzniesienia jeszcze trzystu. Przekonamy się jednak, czy energia atomowa będzie odgrywała główną rolę w procesie przechodzenia do gospodarki prawie bezwęglowej. Niektóre typy reaktorów, jak te w planowanej elektrowni atomowej Hinkley Point C w Anglii, prawdopodobnie okażą się absurdalnie drogie, a stworzenie nowej generacji modularnych reaktorów atomowych będzie wymagało inwestycji liczonych w miliardach dolarów. Reaktory powielające, które same produkują własne paliwo, wytwarzają pluton, będący długotrwałym niebezpiecznym odpadem i świetnym materiałem do konstrukcji bomb atomowych.

Elektrownie wodne i wiatrowe również mogą nam zapewnić energię na wielką skalę w sposób niemalże wolny od zanieczyszczeń. Duże tamy da się zbudować jedynie w ograniczonej liczbie miejsc i nierzadko bywają destrukcyjne względem otoczenia. W czasie mojej pracy nad tą książką jaskrawym przypadkiem takiego wpływu była inicjatywa postawienia tamy na rzece Tapajós w Brazylii, co oznaczałoby wysiedlenie ludu Munduruku z ziemi ich przodków i zalanie terenów charakteryzujących się niezwykłą bioróżnorodnością. Energia wiatrowa niesie ze sobą większe możliwości rozwoju przy potencjalnie mniejszych negatywnych konsekwencjach. Największa lądowa farma wiatrowa na świecie, mieszcząca się w Gansu w Chinach, posiada dziś moc znamionową 6,2 gigawata, a zgodnie z planem do 2020 roku ma się bardziej rozrosnąć i osiągnąć próg 20 gigawatów – co stanowi ekwiwalent dziesięciu–dwudziestu bardzo dużych elektrowni napędzanych węglem albo nieco ponad jeden procent całkowitego **zapotrzebowania Chin na energię elektryczną**[252]. Dla porównania moc znamionowa London Array, największej na świecie morskiej farmy

wiatrowej, w momencie powstania tej książki wynosi zaledwie 0,63 gigawata.

Ale największy potencjał jako źródło bezpiecznej, trwałej i niedrogiej energii zawiera w sobie Słońce, które możemy wykorzystać albo w sposób pośredni, w charakterze inspiracji dla sztucznej fuzji jądrowej, albo bezpośredni, poprzez ogniwa fotowoltaiczne i inne systemy pozyskiwania energii słonecznej. Fuzja jądrowa odtworzyłaby w miniaturowej skali i w kontrolowanych warunkach – i teoretycznie ze znacznie większą wydajnością – proces, który zachodzi przez cały czas we wnętrzu Słońca. W przeciwieństwie do rozszczepiania jądra fuzja nuklearna nie zostawia po sobie toksycznych i długotrwałych odpadów radioaktywnych, a w dokonującym jej reaktorze termojądrowym nie może dojść do stopienia się rdzenia. Głównym paliwem tej reakcji jest deuter, izotop wodoru, który w połączeniu z tlenem występuje w zwykłej wodzie, a zatem jest dostępny w niemal nieograniczonej ilości. Kilogram może wygenerować mniej więcej tyle samo energii co sto tysięcy baryłek ropy. Gdyby udało się nam opanować fuzję nuklearną, światowe zapotrzebowanie na energię zostałoby praktycznie na dobre zaspokojone, i to za pomocą procesu produkującego jedynie hel, którym można napełniać balony na imprezach i tankować skanery do rezonansu magnetycznego. Zdobycie przez człowieka kontroli nad jednym z najbardziej niesamowitych zjawisk we wszechświecie stanowiłoby najlepszy możliwy przykład technologicznego wyrafinowania ludzkości.

Wysiłki na rzecz opanowania fuzji nuklearnej **do celów pokojowych**[253] rozpoczęły się w atmosferze sporego entuzjazmu w latach pięćdziesiątych, wraz z takimi eksperymentami jak noszący uroczą nazwę **Perhapsatron**[254] zbudowany przez Jamesa Tucka – jego urządzenie stanowiło jedną z pierwszych prób dokonania „skurczu" niewyobrażalnie gorącej plazmy wewnątrz pola elektromagnetycznego. Ale jak dotąd oczekiwania te nie zostały spełnione. Przez ostatnich sześćdziesiąt lat żaden z tysięcy szczodrze finansowanych projektów

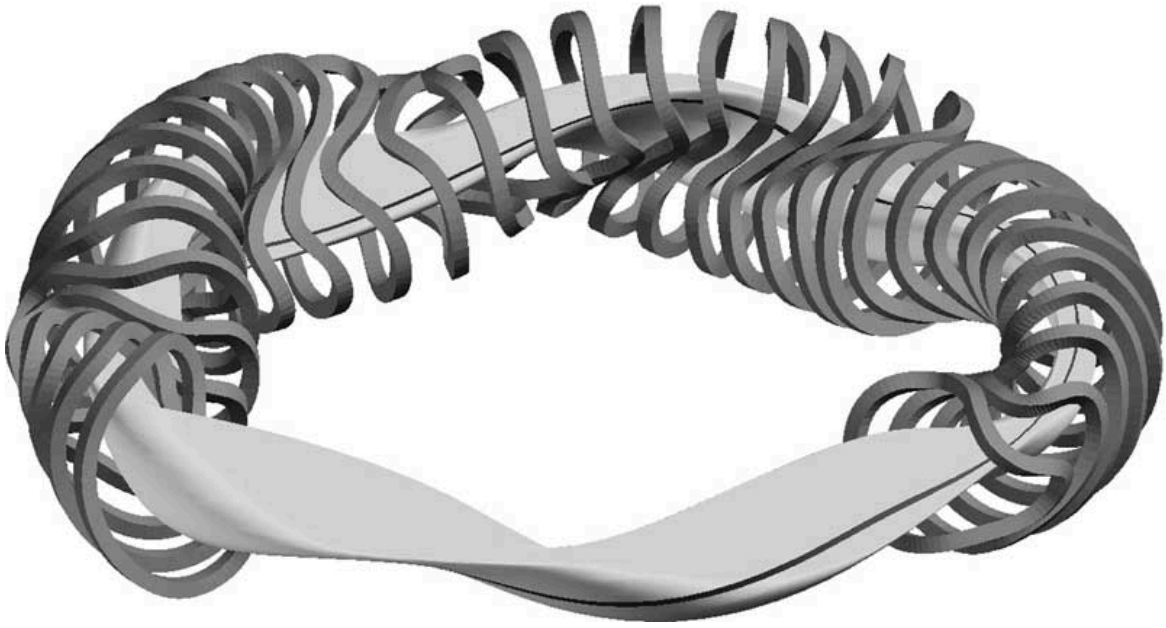
prowadzonych przez znakomitych naukowców w dziesiątkach krajów na świecie nie zdołał pokonać tej bariery i opanować fuzji jądrowej w stopniu pozwalającym na jej praktyczne zastosowanie.

Niektórzy propagatorzy tego kierunku rozwoju twierdzą, że stanie się to po 2027 roku, kiedy zgodnie z planem ma zostać uruchomiony Międzynarodowy Eksperymentalny Reaktor Termojądrowy (ITER) w Centrum Badawczym Cadarache we Francji. Reaktor mierzący trzydzieści metrów, ważący trzysta dwadzieścia tysięcy ton i składający się z dziesięciu milionów osobnych elementów jest jedną z najbardziej skomplikowanych maszyn, które kiedykolwiek zbudowano. (A ponieważ kosztował ponad dwadzieścia miliardów dolarów, czyli około jedną piątą kosztu programu kosmicznego Apollo, jest także **jedną z najdroższych**[255]). Ponad dwa tysiące osiemset ton nadprzewodzących magnesów, niektórych cięższych od jumbo jeta, zostanie w nim połączonych za pomocą dwustu kilometrów nadprzewodzących kabli, a wszystko będzie utrzymywane w temperaturze -269°C za sprawą największego na świecie systemu kriogenicznego, pompującego dwanaście tysięcy litrów płynnego helu na godzinę. Komora próżniowa w kształcie pączka z dziurką – nosząca nazwę tokamak – będzie podgrzewać wodór do temperatury ponad dwustu milionów stopni Celsjusza – ponad trzynaście razy większej niż ta wewnątrz Słońca – a znajdujące się w środku atomy deuteru w ramach fuzji jądrowej zmienią się w atomy helu, wytwarzając przy tym energię. Żadna fizyczna substancja nie mogłaby wytrzymać tej reakcji, dlatego będzie ona zamknięta w magnetycznej „butelce" dzięki największemu w dziejach systemowi nadprzewodzących magnesów, schłodzonych do temperatury tylko o kilka stopni wyższej od zera absolutnego i znajdujących się tuż pod rdzeniem reaktora. ITER będzie w stanie generować około pięciuset megawatów energii – mniej więcej tyle co typowa elektrownia węglowa – przez krótkie okresy trwające do tysiąca sekund.

Oczywiście przy założeniu, że wszystko odbędzie się zgodnie z planem. Prace nad ITER-em opóźniają się od samego rozpoczęcia projektu na początku lat dziewięćdziesiątych i z całą pewnością można się spodziewać dalszych przesunięć. Niektóre komponenty maszyny, jak centralny solenoid (elektromagnes), stanowią ogromne wyzwanie (potencjalnie nie do przezwyciężenia) od strony czysto produkcyjnej. Inne, jak obudowa bezpieczeństwa, będą wymagały nowych osiągnięć w inżynierii materiałowej, które mogą okazać się poza naszym zasięgiem. Ponadto nie zostało jeszcze udowodnione, że konstrukcja reaktora będzie w stanie wytrzymać turbulencje w plazmie. A nawet jeśli wszystko pójdzie, jak trzeba, ITER zaprojektowano tak, by działał przez mniej niż siedemnaście minut. Reaktor komercyjny musiałby pracować non stop i nikt jeszcze nie wpadł na to, w jaki sposób do tego doprowadzić.

Ci, którzy wciąż optymistycznie widzą nasze perspektywy na opanowanie kontrolowanej fuzji jądrowej, wierzą, że te i podobne wyzwania uda się w końcu pokonać. Inni zadowalają się tym, że uda się zrobić kilka małych kroków w kierunku celu, który w ostatecznym rozrachunku może nam przynieść niemal nieograniczone korzyści. Jeden z naukowców pracujących w Cadarache porównuje ich pracę do kamieniarzy stawiających katedrę York Minster, której budowa trwała ponad dwieście pięćdziesiąt lat. Może się zatem okazać, że ITER to bardziej projekt artystyczny czy polityczny – wyraz naszych nadziei i źródło smakowitych kontraktów – niż faktyczne rozwiązanie naszych problemów w obecnych czasach. Ale ITER to nie jedyny zawodnik w tej grze. W 2016 roku w Niemczech uruchomiono eksperymentalny stellarator Wendelstein 7-X, kształtem przypominający gigantyczną wstęgę Möbiusa, przy użyciu niewielkiej ilości plazmy wodorowej. W tym samym roku w eksperymentalnym tokamaku EAST w Chinach udało się podobno utrzymać temperaturę pięćdziesięciu milionów stopni Celsjusza przez sto dwie sekundy. Nad modułowymi reaktorami termojądrowymi znacznie mniejszymi od ITER-u pracują także

inżynierowie w wielu innych miejscach, jak Tokamak Energy w Wielkiej Brytanii czy Lockheed Martin i MIT w Stanach Zjednoczonych. Wszyscy twierdzą, że praktyczne generatory energii uda im się stworzyć przed rokiem 2050.



Schemat stellaratora Wendelstein 7-X.

Niezależnie od tego, czy zdołamy zbudować działające reaktory wykorzystujące fuzję jądrową, ludzkość już teraz ma dostęp do elektrowni produkującej nieustannie trzydzieści osiem biliardów terawatów darmowej energii termojądrowej, która znajduje się w bezpiecznej odległości od nas i będzie jeszcze długo działać daleko poza ludzkim horyzontem. Na Ziemię trafia mniej więcej jedna dziesięciomilionowa część energii emitowanej w każdej chwili przez Słońce, ale nawet taka ilość pobierana przez zaledwie dziewięćdziesiąt minut dałaby nam więcej, niż cała ludzkość zużywa w ciągu roku (a pobierana przez rok – około dwóch razy więcej, niż dałoby się uzyskać ze wszystkich obecnych na Ziemi złóż węgla, ropy, gazu ziemnego i uranu). Plankton, algi i rośliny pobierają mniej niż jedną tysięczną z tego i tak już niewielkiego ułamka, a gdyby ludzie osiągnęli pod tym względem choćby jedną szóstą wydajności tych poślednich form życia,

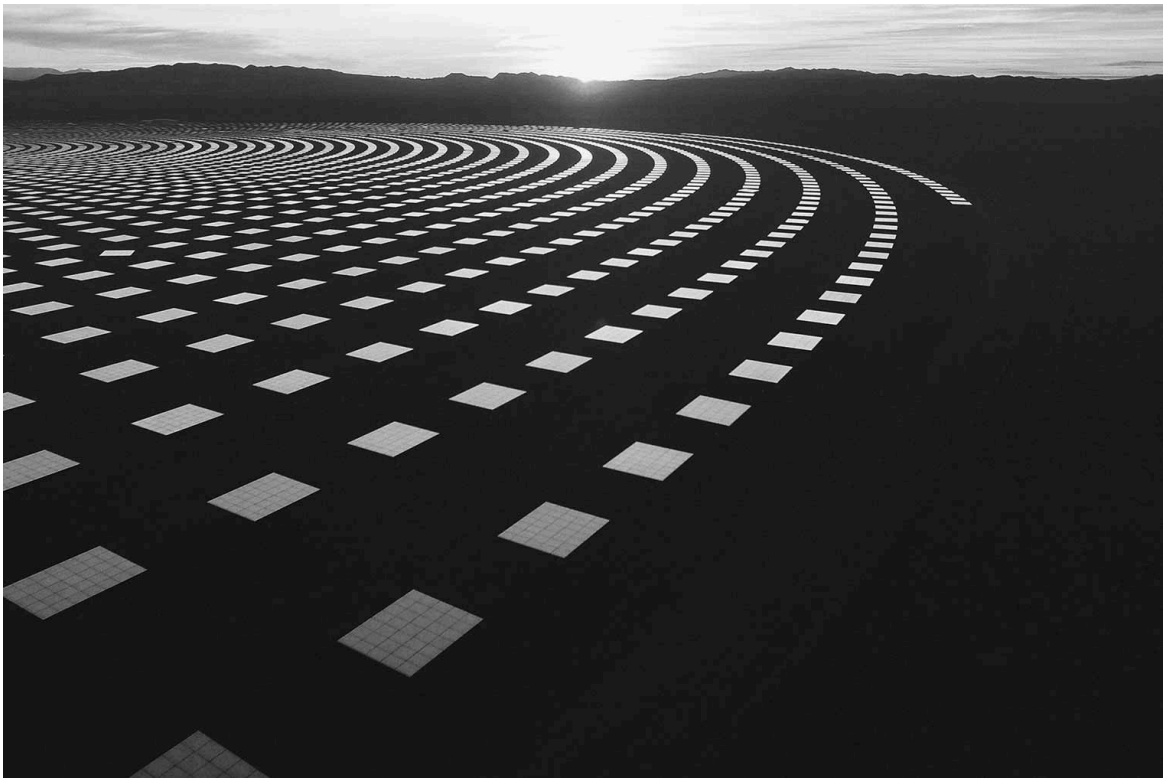
bylibyśmy w stanie zaspokoić nasze dzisiejsze całkowite zapotrzebowanie na energię.

Technologia służąca do pozyskiwania energii pochodzącej ze Słońca jest już jak najbardziej sprawdzona i w wielu sytuacjach konkurencyjna. Na przykład skoncentrowana energia słoneczna (CSP), przy której wykorzystuje się ciepło promieni słonecznych do napędzania turbin parowych, działa obecnie na średnią skalę. Instalacja o nazwie Crescent Dunes Solar Energy Project, uruchomiona w stanie Nevada w 2016 roku, przez dzień i noc zaopatruje w energię elektryczną siedemdziesiąt pięć tysięcy gospodarstw domowych. Nawet kiedy Słońce nie świeci, wygenerowane przed zachodem ciepło, które zostało zmagazynowane w stopionej soli, może w dalszym ciągu napędzać pracę turbiny.

Ale zdecydowanie najbardziej atrakcyjną technologią wydaje się fotowoltaika, w skrócie PV, która przetwarza światło słoneczne na energię elektryczną przy użyciu półprzewodników takich jak krzem i german. Już dziś rozwija się ona w różnych zaskakujących kierunkach. W 2016 roku Solar Impulse 2, samolot zasilany wyłącznie ogniwami fotowoltaicznymi, zakończył podróż dookoła świata. Maszyna poruszała się bardzo wolno i ociężale w porównaniu z odrzutowcem, ale chodziło o udowodnienie tezy, iż przyszłość silników elektrycznych napędzanych fotowoltaiką maluje się w różowych barwach: rekord przyspieszenia na lądzie już teraz należy do elektrycznego samochodu, a powstanie latających samochodów w formie zaadaptowanych dronów wydaje się coraz bliższe. Obecnie panele słoneczne w ciągu roku generują taką samą ilość energii, jaką trzeba było zużyć do ich wyprodukowania (a ten przedział czasowy wciąż się skraca), co oznacza, że przy dwudziestoletnim lub dłuższym okresie pełnej wydajności są w stanie wyprodukować obfitą nadwyżkę wolnej od zanieczyszczeń energii. Dla porównania całkowite wymuszanie radiacyjne spowodowane emisją dwutlenku węgla w wyniku spalania paliw kopalnych ponad sto tysięcy razy przekracza ilość wydzielonej dzięki temu procesowi energii.

Jednak największą rolę fotowoltaika odegra zapewne w sektorze energetycznym. Obecnie jej udział jest niewielki: w 2016 roku pokrywała zaledwie procent globalnego zapotrzebowania na energię. Ale przy szybko malejących kosztach odsetek ten będzie się prawdopodobnie równie szybko zwiększał. Wystarczy podwoić ten procent sześć razy, żeby osiągnąć sześćdziesięcioczteroprocentowy udział w rynku. W strefach umiarkowanych szerokości geograficznych, gdzie żyje większość populacji, ogniwa PV staną się prawdopodobnie podstawą całej struktury energetycznej. W chwili gdy piszę te słowa, najtańsza w historii umowa na dostawy energii z jakiegokolwiek źródła to umowa na energię słoneczną podpisana w Abu Zabi w 2016 roku. Cenę ustalono na 2,42 centa za kilowatogodzinę (tymczasem kilowatogodzina energii z typowej elektrowni gazowej kosztuje 5,6 centa). W Indiach, które do 2030 roku wyprzedzą Chiny jako najliczniejszy kraj świata, badanie przeprowadzone przez firmę konsultancką KMPG wykazało, że energia słoneczna jest tam już konkurencyjna wobec węgla nawet po uwzględnieniu opłat za dystrybucję oraz kosztów integracji sieci przesyłowych, a w przyszłości stanie się znacznie tańsza. Jeśli baterie słoneczne i inne systemy magazynowania energii osiągną przystępne ceny i bardziej się upowszechnią w ciągu kolejnych dwudziestu lat – jak się przewiduje – atrakcyjność fotowoltaiki stanie się oczywista i niepodważalna. „Wszystko wskazuje na to, że baterie wkrótce będą najtańszym sposobem na wygładzenie ostrych wahań na dziennych rynkach zapotrzebowania na energię elektryczną – pisze Chris Goodall, autor książki *The Switch*, w której przeprowadza analizę postępującej na naszych oczach rewolucji w dziedzinie energii odnawialnej. – Możliwe konsekwencje są nie do przecenienia. W krajach o dużym stopniu nasłonecznienia oznacza to, że energia słoneczna z systemami magazynowania stanie się niedługo najbardziej ekonomicznym źródłem energii". Regiony otrzymujące mniejszą ilość światła słonecznego, jak północna Europa, będą być może musiały obrać inną ścieżkę. Według Goodalla ten niedobór da się zniwelować na przykład za pomocą technologii *power-to-gas* (P2G), w której nadwyżka

elektryczności wytworzonej w dni o sprzyjających warunkach pogodowych za pomocą fotowoltaiki lub turbin wiatrowych jest zamieniana w wodór lub metan i pod tą postacią magazynowana w celu późniejszego wykorzystania.



Technologiczne piękno w formie paneli słonecznych.

Potencjalne następstwa tych zmian są ogromne. Duże nadwyżki taniej, wygenerowanej lokalnie i samodzielnie energii mogą stać się łatwo dostępne dla setek milionów ludzi, których wcześniej nie było na nią stać. A jeśli ta transformacja zostanie przeprowadzona „prawidłowo", władza i kapitał mogą przejść z rąk **korporacji i rządów**[256] w ręce obywateli. Każde dziecko będzie miało dość światła do nauki i zabawy. Każdy rodzic będzie w stanie ogrzać (lub ochłodzić) i nakarmić swoją rodzinę. Przedsiębiorstwa będą mogły znacznie obniżyć koszty związane ze swoją działalnością. Nie należy się spodziewać, że wszystkie problemy ekologiczne świata zostaną nagle rozwiązane – za mniej więcej jedną trzecią emisji gazów cieplarnianych

odpowiadają inne sektory, takie jak rolnictwo i nieustanna wycinka lasów, więc nadal będzie postępować degradacja i zagłada wielu ekosystemów – ale to z pewnością dobry początek: krok na drodze do, jak to ujęła ekonomistka Kate Raworth, „gospodarki regeneratywnej".

Niewykluczone, że sama fotowoltaika w połączeniu z systemami magazynowania nie wystarczy, by pokryć całe nasze zapotrzebowanie na energię. Ale istnieje co najmniej jeszcze jedna technologia solarna, która pewnego dnia może zapewnić nam wielkie ilości energii przy jednoczesnym zmniejszeniu ryzyka groźnych zmian klimatycznych za sprawą usuwania dwutlenku węgla z atmosfery. Mowa o sztucznej fotosyntezie – systemie naśladującym to, co wszystkie rośliny na świecie robią każdego dnia.

Kiedy rośliny i inne organizmy przeprowadzają fotosyntezę, „zjadają" światło słoneczne, wyciągają z niego energię i magazynują ją w formie glukozy, paliwa na bazie węgla. Aby móc tego dokonać, muszą zużyć wodę i dwutlenek węgla, a produktem ubocznym tej reakcji jest tlen. To w zasadzie cała filozofia, choć niektóre szczegóły tego procesu (jak chociażby rola enzymów, czyli katalizatorów) są skomplikowane i niezmiernie trudne do odtworzenia w sposób sztuczny. „Doprawdy ledwo mieści się to w głowie, że liść potrafi użyć promieni słonecznych, by w warunkach temperatury pokojowej i zwykłego ciśnienia atmosferycznego związać węgiel i wyprodukować tlen – zauważa Uwe Bergmann z National Accelerator Laboratory z Centrum Liniowego Akceleratora Stanforda w Stanach Zjednoczonych. – Dopiero kiedy sami próbujemy to zrobić, dociera do nas, jakie to niesamowite".

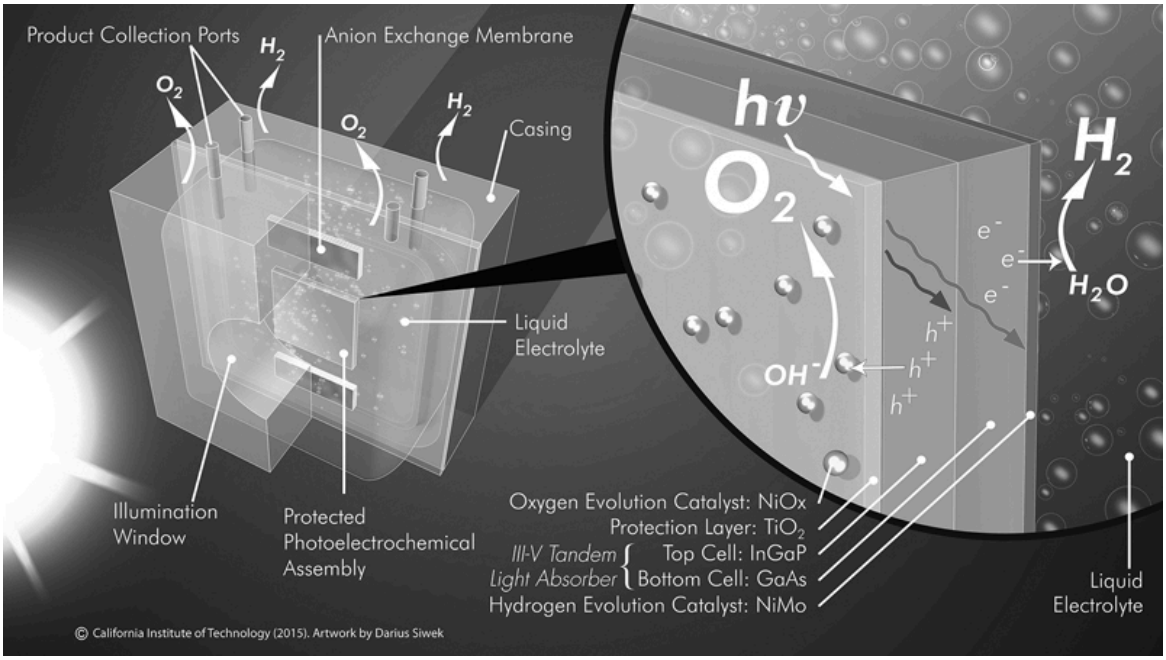
Oto mały fragment tego cudu. Fotosynteza zaczyna się wewnątrz liści, w rozłożystych strukturach zwanych kompleksami antenowymi. Składają się one częściowo z cząsteczek chlorofilu, któremu rośliny zawdzięczają swą zieloną barwę. Gdy światło słoneczne pada na liść, fotony zderzają się z molekułami chlorofilu, wytrącając przy tym elektrony z ich orbit wokół atomów magnezu. Elektrony mają ujemny ładunek elektryczny, więc ich utrata tworzy jony magnezu o ładunku

dodatnim. Po rozdzieleniu się każda para elektron–jon jest określana jako ekscyton – i to do niego została de facto przelana energia fotonu.

Wydajna konwersja światła w elektryczność wymaga zachowania przez ekscyton tej energii, gdy przemieszcza się w głąb tzw. centrum reakcji liścia. Może zostać następnie wykorzystana do przetasowania atomów w cząsteczkach wody i dwutlenku węgla, w wyniku czego powstają proste cukry i tlen. Kluczowe znaczenie dla zachowania energii ekscytonów ma sposób, w jaki dostają się do centrum reakcji. W 2007 roku naukowcy odkryli, że odnajdują one drogę za pomocą zjawiska kwantowego. Zamiast przebijać się chaotycznie przez las cząsteczek chlorofilu, aż przypadkiem trafią wreszcie do celu, ekscytony działają w tzw. koherencji – najpierw rozprzestrzeniają się symultanicznie po wszystkich możliwych ścieżkach, a następnie koncentrują na najbardziej wydajnej trasie.

W porównaniu z tym próby podejmowane w laboratorium mogą wydawać się mało imponujące, ale nie są bez znaczenia. Sztuczny „liść" stworzony w 2011 roku przez Daniela Nocerę i jego zespół w MIT został powszechnie uznany za przełomowe osiągnięcie. Wprawdzie nie wyglądał jak prawdziwy i nie przetwarzał wody i dwutlenku węgla w paliwo, ale centralna warstwa jego przypominającej kanapkę struktury dokonywała konwersji światła słonecznego na elektryczność, którą w kolejnym kroku przekierowywano do warstw zewnętrznych, gdzie obecne tam katalizatory umożliwiały tworzenie się tlenu i wodoru. Wodór dało się następnie zmagazynować i wykorzystać jako ciekłe paliwo. Nocera wykonał swój liść w większości z tanich i łatwo dostępnych materiałów, a jego dzieło okazało się bardziej wydajne od naturalnej fotosyntezy, a przy tym zdolne do nieprzerwanej pracy przez dwadzieścia cztery godziny bez żadnego osłabienia aktywności. W 2016 roku Nocera i jego współpracownicy wykazali, że genetycznie zmodyfikowana bakteria może wykorzystać wodór pozyskany z cząsteczki wody rozszczepionej przez ogniwo solarne w celu wytworzenia izopropanolu, który jest potencjalnym paliwem

organicznym. System ten, nazwany Bionicznym Liściem 2.0, jest w stanie konwertować energię słoneczną na biomasę z dziesięcioprocentową wydajnością – czyli mniej więcej dziesięciokrotnie wyższą niż wydajność nawet najszybciej rosnącej rośliny.



Sztuczny liść.

Przed nami wciąż jeszcze daleka droga. Jak dotąd wszystkie strategie zmierzające do uzyskania sztucznej fotosyntezy wymagają bardzo wysokiego stężenia dwutlenku węgla, znacznie przewyższającego jego maksymalny dopuszczalny poziom w atmosferze. Obecnie trwają prace nad systemami możliwymi do podłączenia do komina elektrowni na paliwa kopalne albo które absorbowałyby prosto z atmosfery dwutlenek węgla pochodzący z innych źródeł. Tak więc choć sztuczna fotosynteza zaczyna wydawać się coraz bardziej realna, żaden proces zaprojektowany przez człowieka nie jest jak dotąd zdolny do odtworzenia tego, co rośliny robią bez wysiłku od setek milionów lat. Naśladowanie Słońca może być trudne, ale imitowanie nawet

najprostszego liścia okazuje się również niewiarygodnie skomplikowane.

Kosmos to nasz cel

Niewiele innowacyjnych technologii wzbudziło zachwyt i poczucie wzniosłości w stopniu porównywalnym z tymi, które mają związek z eksploracją przestrzeni kosmicznej. Ta ekscytacja osiągnęła wczesny punkt kulminacyjny (prawie przeradzając się w parodię samej siebie), gdy Norman Mailer przy użyciu religijnej symboliki opisywał historię programu Apollo w książce *Na podbój Księżyca* z 1970 roku: „Biały jak figura Madonny w połowie kościołów świata, smukły, anielski, mistyczny statek dźwignął się bezdźwięcznie na słupie ognistym i począł wznosić się z wolna ku niebu". Ale w miarę jak heroiczne wyczyny sowieckich kosmonautów i amerykańskich astronautów z lat sześćdziesiątych stały się nową normą w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, granica przesunęła się gdzie indziej – przede wszystkim za sprawą widoków udostępnionych nam przez nową generację teleskopów. Uchwycone w ciągu ostatniego ćwierćwiecza obrazy spiralnych galaktyk, eksplodujących supernowych oraz wielkich chmur pyłu kosmicznego, z którego rodzą się gwiazdy, nie przypominają niczego, co mogły zobaczyć poprzednie pokolenia. Jeśli ze wszystkich zdjęć wykonanych przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a (wystrzelony na niską orbitę okołoziemską w 1990 roku i wciąż sprawny) zapamiętamy jedynie dwa, będą to zapewne *Głębokie pole* oraz *Filary stworzenia*. To pierwsze, zrobione w 1995 roku, pokazuje obszar będący jedną dwudziestoczteromilionową częścią całego nieba – wyobraźmy sobie piłkę tenisową widzianą z odległości stu metrów – na którym mieści się około **trzech tysięcy różnokolorowych galaktyk**[257] o rozmiarze porównywalnym do naszej. *Głębokie pole* pozwala nam wszystkim zobaczyć na własne oczy i uświadomić sobie coś, co astronomowie wiedzieli już wcześniej: kosmos jest nieskończonym

ogromem pełnym zachwycającego piękna. Z kolei zdjęcie *Filary stworzenia*, zrobione w tym samym roku, skupia się na małym fragmencie Mgławicy Orzeł, skupisku młodych gwiazd w naszej Galaktyce, jakieś siedem tysięcy lat świetlnych od nas. Widać na nim chmury gazu i pyłu przybierające zjawiskowe barwy za sprawą promieniowania towarzyszącego formowaniu się wewnątrz mgławicy nowych gwiazd, z których część przypomina nasze Słońce. *Filary stworzenia* pokazują miniaturowy skrawek kosmosu w porównaniu z tym, co widać na *Głębokim polu*, ale ten mierzący po cztery lata świetlne wzdłuż i wszerz (albo po czterdzieści bilionów kilometrów wzdłuż i wszerz) obszar nieba i tak stanowi wizję o niemal niewyobrażalnej dla nas skali.

Ekstremalnie Głębokie Pole Hubble'a (2012).

Krytyk sztuki Jonathan Jones określa podobne obrazy z kosmosu mianem kaplicy Sykstyńskiej epoki naukowej. Ale podobne fotografie, choć zapierają dech w piersiach, prawdopodobnie okażą się zaledwie przygrywką do tego, co nas czeka w następnych kilku dekadach, gdy zasięg astronomii obserwacyjnej będzie się stale zwiększał. Na pustyni Atakama w Chile trwa właśnie budowa noszącego malowniczą nazwę Ekstremalnie Wielkiego Teleskopu (ELT), machiny rozmiaru katedry, której „pierwsze światło" (czyli rozpoczęcie pracy) jest zaplanowane na rok 2025. Jego zwierciadło główne o niemal czterdziestometrowej średnicy ma zbierać piętnaście razy więcej światła niż największy istniejący obecnie teleskop. ELT będzie obserwować najodleglejsze

(a tym samym najstarsze) widzialne obiekty we wszechświecie, pogłębiając naszą wiedzę na temat powstawania prastarych gwiazd, galaktyk i czarnych dziur oraz ewolucji galaktyk w kosmicznej skali czasowej. Będzie także wypatrywać egzoplanet, czyli orbitujących wokół innych gwiazd, i eksplorować najwcześniejsze etapy formowania się systemów planetarnych.

Od czasu umieszczenia na orbicie w 2009 roku Kosmiczny Teleskop Keplera potwierdził istnienie ponad tysiąca egzoplanet orbitujących wokół ponad czterystu gwiazd, podczas gdy teleskopy naziemne znalazły ich jeszcze dodatkowe dwa tysiące. I jak na razie wygląda na to – jak widać na **symulacjach**[258] w rodzaju *Kepler Orrery IV* – że występuje wśród nich wielka różnorodność. Gwiazdy posiadające swoje planety bardzo różnią się rozmiarem, podobnie jak same planety, a bestiariusz egzoplanetarny zawiera wiele dziwacznych stworzeń: od obiektów okrążających swoje gwiazdy z prędkością oszalałego chomika na amfetaminie po te, które poruszają się ociężale jak ślimak na pogrzebie. Nasz Układ Słoneczny, jak się okazuje, nie jest pod żadnym względem typowy.

Na przykład planeta rozmiarów Saturna, nazwana Kepler-16b, orbituje prawdopodobnie wokół dwóch gwiazd, niczym Tatooine w *Gwiezdnych wojnach*. Jeszcze bardziej zadziwiająca jest HD 13199Ab, krążąca po układzie trzech gwiazd – i w przeciwieństwie do Trisolaris z trylogii science fiction Liu Cixina jej orbita jest stabilna. GJ 1214b to rozgrzany świat pokryty wodą, którego atmosferę wypełnia para, a oceany składają się z „gorącego lodu" i superpłynnej wody. Jest tam ciepło, ale nie tak jak na Kepler-7b, najgorętszej z odkrytych dotychczas planet, gdzie średnia dzienna temperatura wynosi 6860°C, albo na COROT-7b, gdzie oceany wypełnia nie woda, lecz magma, a z nieba padają ulewne deszcze magnezu, aluminium i żelaza. Tymczasem na najzimniejszym znanym nam ciele niebieskim, OGLE-2005-BLG-390Lb, temperatura wynosi mniej więcej –220°C i panuje tam absolutny bezruch. Spokojnie jest także na TrES-2B, który odbija niecały procent

dolatującego do niego światła, co czyni go czarniejszym od węgla. Nikt nie wie, dlaczego tak się dzieje. Z kolei planeta 2MASS J2126-8140 jest niesłychanie powolna – na wykonanie pełnego obrotu wokół swojej gwiazdy potrzebuje aż dziewięciuset tysięcy lat. Jej przeciwieństwo stanowi HAT-P-7b – gazowy gigant, który okrąża swoją co dwa dni; na jego powierzchni hulają silne wiatry, a wywołane przez nie katastroficzne burze wyrzucają w atmosferę chmury korundu, czyli minerału, z którego składają się rubiny i szafiry. Na planecie HD 189733b pasmo wiatrów wokół równika przemieszcza się ze strony dziennej na nocną z prędkością ośmiu tysięcy siedmiuset kilometrów na godzinę. Natomiast Gliese 436b, „gorący Neptun" o masie dwadzieścia dwa razy większej od Ziemi, posiada ciągnący się za nim ogon wyparowującej atmosfery, długi na czternaście milionów kilometrów, przez co przypomina gigantyczną kometę.

W porównaniu z naszym globem większość odkrytych dotychczas egzoplanet to olbrzymy. Planety rozmiarów Ziemi są wyjątkowo trudne do namierzenia i w momencie, gdy zaczynałem pracę nad tą książką, mało kto uważał, że uda się nam niedługo znaleźć planetę odpowiadającą naszej pod względem masy, a co dopiero z warunkami sprzyjającymi powstaniu życia. Kiedy kończyłem, perspektywa ta wydawała się jednak o wiele bliższa – astronomowie oznajmili odkrycie siedmiu planet wielkości Ziemi oddalonych od nas o zaledwie trzydzieści dziewięć lat świetlnych. Planety te krążą wokół karłowatej gwiazdy TRAPPIST-1. Wszystkie znajdują się w tzw. strefie zamieszkiwalnej gwiazdy, gdzie na powierzchni może istnieć chłodna, ale nie zamarznięta woda. **Warunki**[259] na tych planetach są inne niż na Ziemi, ale nie można wykluczyć obecności żywych organizmów, a co jeszcze bardziej istotne, fakt znalezienia ich aż tylu na tak wczesnym etapie poszukiwań jest bardzo obiecujący.

W poszukiwaniach planet podobnych do Ziemi może wydatnie pomóc Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba (JWST), który ma zostać umieszczony na orbicie w **2018 roku**[260]. Wyposażony w zwierciadło

główne o średnicy 6,5 metra i powierzchni zbierającej promieniowanie około pięciu razy większej od powierzchni zbierającej teleskopu Hubble'a, JWST ma gromadzić światło w zakresie od długofalowego światła widzialnego (pomarańcz-czerwień) do średniej podczerwieni. Ale wypatrywanie egzoplanet – planet pozasłonecznych – to bynajmniej nie jego jedyna misja: JWST wykona wyraźne zdjęcia pierwszych gwiazd, które uformowały się we wszechświecie, a także galaktyk, których są częścią, co ogromnie wzbogaci naszą wiedzę na temat ich powstawania.

Inny spektakularny projekt, którego rozpoczęcie jest planowane na połowę lat dwudziestych, to Advanced Technology Large-Aperture Space Telescope (w skrócie ATLAST, czyli „nareszcie"). Teleskop ten ma przede wszystkim umożliwić ustalenie, czy na planetach orbitujących wokół innych gwiazd istnieje życie. Jeśli faktycznie zostanie zbudowany, zapewne sprosta ocenie struktury atmosfery, prędkości obrotowej, klimatu i zdolności do podtrzymywania życia na zbliżonych rozmiarem do Ziemi egzoplanetach. Być może będzie umiał nawet ujawnić zmiany zachmurzenia i klimatu czy, hipotetycznie, wahania stanu roślinności zależnie od pory roku. Wszystko to brzmi bardzo imponująco, ale musimy pamiętać, że **wciąż byłby to dopiero początek drogi**[261]: nasza Galaktyka ma sto tysięcy lat świetlnych średnicy, a ATLAST będzie przystosowany do obserwowania planet znajdujących się nie dalej niż sto czterdzieści lat świetlnych od nas.

Wszystkie teleskopy, które kiedykolwiek zbudowano, zbierały światło widzialne lub inne segmenty spektrum fal elektromagnetycznych. W gruncie rzeczy zawsze wpatrywaliśmy się w kosmos przez gigantyczne okulary i z czasem uzyskiwaliśmy obraz o coraz większej ostrości i głębi. Dziś jednak możliwe staje się poznawanie kosmosu nie tylko za pośrednictwem światła, lecz także dźwięku czy nawet muzyki. Jak wspomniałem w rozdziale pierwszym, w 2016 roku naukowcy zarejestrowali prawdopodobnie fuzję dwóch czarnych dziur oddalonych od nas o ponad miliard lat świetlnych za pomocą detektora fal grawitacyjnych LIGO. W przyszłości podobne systemy być może pozwolą

nam „usłyszeć” wnętrze eksplodującej supernowej (obecnie dzięki światłu możemy tylko zobaczyć ich powierzchnię), zbadać środek gwiazdy neutronowej (najgęstszego, po czarnej dziurze, obiektu we wszechświecie) i lepiej poznać historię początków wszechświata, odkrywając rzeczy będące poza zasięgiem jakiegokolwiek teleskopu.

Nowe teleskopy to nie jedyny potencjalny przełom w eksploracji wszechświata. Jest jeszcze kwestia fizycznej podróży w kosmos. Na krótką metę, po sukcesie sondy New Horizons, która w 2015 roku przeleciała obok Plutona, oraz Juno, która w 2016 roku weszła na orbitę Jowisza, podróże poza orbitę ziemską pozostaną domeną bezzałogowych statków kosmicznych i ich wypraw w jedną stronę w różne części Układu Słonecznego. Gdy spojrzymy jednak nieco dalej w przyszłość, zaczynają się przed nami rysować rozmaite możliwości. Podczas prezentacji, w której wziąłem udział, astronom Chris Impey przyznał, że długoterminowe prognozy to zapewne daremny trud, ale mimo to sam pozwolił sobie kilka z nich poczynić. Do 2035 roku, spekulował, rozpoczną się komercyjne loty na orbitę okołoziemską, z których masowo będą korzystać turyści. W latach czterdziestych obecnego wieku nasze roboty będą badały trudno dostępne zakątki Układu Słonecznego, takie jak podziemny ocean na Europie, księżycu Jowisza, a na Księżycu i Marsie zostaną założone niewielkie, ale dynamicznie się rozwijające ludzkie kolonie. Mniej więcej w tym samym czasie urodzi się pierwsze pozaplanetarne dziecko, będące potencjalnym prekursorem nowego, pozaziemskiego gatunku. Według Impeya bezzałogowy statek kosmiczny mógłby wyruszyć w kierunku pobliskiej gwiazdy, jak **Proxima Centauri**[262], nawet około 2060 roku. Z kolei do 2065 roku powinno rozpocząć się na Księżycu i asteroidach wydobywanie surowców na dużą skalę, a po 2080 roku sondy von Neumanna – statki kosmiczne zdolne do samoreplikacji z wykorzystaniem materiałów znalezionych u celu podróży – mogą zacząć latać na sąsiednie gwiazdy. Pierwsze testy teleportacji obiektów większych od molekuł będą miały miejsce około 2100 roku, a już do 2120

roku ludzie staną się „panami Układu Słonecznego", posiadającymi dostęp do wszystkich jego zasobów i zamieszkującymi księżyce wokół kilku planet.

Zaczyna to trochę brzmieć jak **science fiction**[263], więc zanim zanadto poniesie nas wyobraźnia, zastanówmy się, jakie są faktyczne szanse na realizację przedsięwzięcia, które jest niemal na pewno najbardziej ekscytującym i najmocniej działającym na masową wyobraźnię spośród wszystkich naszych futurystycznych projektów: mowa oczywiście o załogowej podróży na Marsa.

Dotychczas z Ziemi wyruszyło ponad dwadzieścia bezzałogowych statków, które z powodzeniem przeleciały obok Marsa, kołowały po jego orbicie lub wylądowały na jego powierzchni, a obecnie trwają co najmniej dwa poważne projekty mające na celu wysłanie na czerwoną planetę ludzi. Według NASA pierwsi astronauci polecą na Marsa, okrążą go i powrócą na Ziemię już w latach trzydziestych, być może wykorzystując do tego statek kosmiczny ORION w połączeniu z tzw. modułem podtrzymywania życia w głębokiej przestrzeni kosmicznej. Niedługo potem powinno nastąpić pierwsze lądowanie człowieka na powierzchni planety. No i jest także SpaceX, prywatna firma kierowana przez miliardera z branży technologicznej Elona Muska, który uważa, że jest w stanie wyekspediować ludzi na Marsa szybciej niż NASA.

Jeśli podobne deklaracje wydają się nam pretensjonalne czy też świadczące o manii wielkości, warto przypomnieć sobie, że SpaceX ma już na koncie kilka spektakularnych sukcesów. Firma stała się pionierem w dziedzinie rakiet nośnych wielokrotnego użytku, które powinny w przyszłości drastycznie zmniejszyć koszty podróży kosmicznych. (Większość wydatków przy każdym starcie pociąga za sobą nie zużyte paliwo, tylko sama rakieta). A jeśli SpaceX rzeczywiście zdoła opracować technologię umożliwiającą całkowicie kontrolowane lądowanie na Marsie z ciężkim ładunkiem, scenariusz Muska zacznie wyglądać o wiele bardziej realistycznie. Flota bezzałogowych statków mogłaby teoretycznie przetransportować na Marsa niezbędne ludziom

duże i masywne systemy podtrzymywania życia w ciągu mniej więcej dziesięciu lat. Wyruszylibyśmy po tym, jak roboty przygotowałyby dla nich w pełni funkcjonalną, zamkniętą przestrzeń życiową.

Zanim można zacząć myśleć o jakiejkolwiek załogowej wyprawie na Marsa, trzeba pokonać wielkie wyzwania natury technicznej. Przy technologii napędowej, nad którą obecnie trwają prace, lot na Marsa pojazdem takim jak należący do NASA ORION albo Dragon 2 zbudowany przez SpaceX zająłby co najmniej osiem, dziewięć miesięcy w każdą stronę. Załoga podróżowałaby w trudnych warunkach. Tłoczyłaby się w kabinie niewiele większej od wnętrza SUV-a, musiałaby znosić nieustanne mechaniczne odgłosy i wibracje, zaburzenia snu, a także przeraźliwą monotonię. Ponadto przez całą drogę astronauci znajdowaliby się w stanie mikrograwitacji i w efekcie nastąpiłaby utrata masy kostnej, a także atrofia mięśni, w tym także serca, a nawet malutkich mięśni kontrolujących ruchy gałki ocznej. Ich układy odpornościowe, trawienne, naczyniowe i oddechowe również zostałyby poważnie osłabione. W ciągu dni albo tygodni intensywne promieniowanie w głębokiej przestrzeni kosmicznej doprowadziłoby do poważnych uszkodzeń ich ciał i mózgów, chyba że udałoby się zastosować skuteczne osłony. Przez całą podróż załoga musiałaby zachować zdolność do działania z bardzo wąskim marginesem błędu, ponieważ pracowałaby z najnowocześniejszymi technologiami w ciągłym strachu przed awarią sprzętu. A jeśli wyprawienie ludzi na Marsa będzie trudne, to utrzymanie ich przy życiu na jego powierzchni tym bardziej. Czerwona planeta jest bowiem zimna, jałowa i **skrajnie niesprzyjająca**[264] przetrwaniu żywych organizmów. Zapewne łatwiej byłoby ludziom skolonizować morskie głębiny. Przetrwanie tej ekspedycji i udany powrót na Ziemię byłby zadziwiającym osiągnięciem.

Część z tych, którzy marzą o locie na Marsa, wyobraża sobie coś znacznie bardziej permanentnego niż tylko krótka wizyta, podczas której ludzie ani na chwilę nie ściągają skafandrów ani nie wychodzą

poza sztuczną przestrzeń z systemami podtrzymywania życia. Co najmniej od pokolenia pisarze literatury science fiction snuli wizje o kompleksowej transformacji warunków na tej planecie – co określa się mianem „terraformacji" – w wyniku której Mars staje się drugą Ziemią, płynie na nim woda, a powietrzem da się oddychać. Dziś tę wizję najwyraźniej przejęła także znacząca liczba osób aktywnie opracowujących plany wyprawy na Marsa, w tym i Musk. To, czy tak monumentalny projekt inżynieryjny na skalę planetarną jest w ogóle wykonalny, pozostaje kwestią otwartą. Niektóre badania sugerują, że marsjański klimat ma dwa stałe punkty. Jednym jest stan obecny, z grubą polarną czapą lodową, rozrzedzoną atmosferą i średnią temperaturą na powierzchni wynoszącą -60°C. W drugim wariancie, który mógłby zaistnieć w przyszłości pod warunkiem uwolnienia dwutlenku węgla i innych gazów obecnie uwięzionych w glebie, Mars ma cienką czapę lodową i gęstą atmosferę, która zatrzymuje ciepło promieni słonecznych, co ogrzewa jego powierzchnię do około 15°C, czyli mniej więcej do temperatury pokojowej. Zwolennicy terraformacji wierzą, że możliwe jest wymuszenie zmiany klimatu z pierwszego stanu do drugiego na przestrzeni zaledwie stu lat za sprawą gazów „supercieplarnianych", takich jak chlorofluorowęgle lub perfluorowane związki już obecnych w ziemi pierwiastków. Proces wpompowania do atmosfery dostatecznej ilości tlenu, by można było nim oddychać, dałoby się – zdaniem niektórych – przeprowadzić w ciągu kolejnych kilkuset lat.

Dla Muska i innych orędowników terraformacji Mars nie jest tylko wielkim pograniczem domagającym się eksploracji, ale też następnym logicznym krokiem w ewolucji po wykształceniu się skomplikowanych form życia i świadomości. Ludzka obecność na Marsie stanowiłaby także dla naszego gatunku coś w rodzaju polisy ubezpieczeniowej: nawet gdyby dokonała się zagłada życia na Ziemi, samowystarczalna, niezależna kolonia na Marsie mogłaby istnieć dalej. Fizyk Freeman Dyson rozciąga tę wizję do rozmiarów space opery, postulując „kulturę arki Noego": potężne przedsięwzięcie, w ramach którego w ciągu

następnych kilkuset lat biotechnologia rozwinie się do stopnia umożliwiającego zaprojektowanie i wyhodowanie całych kolonii żywych organizmów (być może o **radykalnie odmiennej biochemii**[265]) przystosowanych do przetrwania w odizolowanych miejscach daleko od Ziemi. Statki kosmiczne zabiorą nasiona na planety, księżyce i na inne sprzyjające obiekty, gdzie mogłoby się zakorzenić życie o genetycznych specyfikacjach dopasowanych do tych konkretnych środowisk. Nowe rodzaje roślin, zaprojektowanych do przetrzymania ekstremalnych warunków, odżywianych przez światło Słońca i gwiazd skupiane i kierowane na nie przez lustra zainstalowane na zewnątrz statku, umożliwiłyby społeczności arki Noego przeżycie i dalszy rozwój.

Tego rodzaju wizje wydają mi się ekstrawaganckie, jeśli nie kompletnie szalone. Ale każdy, kto podziela mój pogląd, powinien pamiętać, że argument opierający się na osobistym niedowierzaniu rzadko bywa niezawodny. Ludzie pokroju Muska czy Dysona są o wiele mądrzejsi ode mnie i być może niesprawiedliwe jest opisywanie ich jako egocentrycznych wariatów, którzy postanowili zostawić swój ślad we wszechświecie, nieświadomi tego, jak ich działania mogą zaszkodzić innym. Ale samo to, że coś jest możliwe i „fajnie byłoby to zrobić", nie oznacza jeszcze, że to mądre posunięcie. Jest kilka argumentów przemawiających za zachowaniem rozwagi w kwestii potencjalnej kolonizacji kosmosu. Na przykład ten, że to zwyczajnie nie jest najważniejsze i powinniśmy mieć inne priorytety. Według znawców technologii Andrew Russella i Lee Vinsla pomysł stworzenia kolonii na Marsie to fantazja, a także oznaka starszego i stale powracającego społecznego problemu: bogaci spełniają swoje marzenie o posiadaniu **swojego własnego świata**[266], zamiast zatroszczyć się o Ziemię i pomóc zaspokoić potrzeby ludzi biednych i mniej uprzywilejowanych. Jak tłumaczą Russell i Vinsel, Musk, czując wstręt do świata, który wszyscy ze sobą dzielimy, marzy o miejscu, które nie istnieje. Mnie taki werdykt wydaje się przesadnie surowy. Sam Musk dokonał chociażby ogromnych inwestycji w energię odnawialną i technologie

magazynowania energii. I nie jest człowiekiem cieszącym się spokojem ducha. „Na pewno miewam dobre sny – mówi Wernerowi Herzogowi w filmie dokumentalnym *Lo i stało się. Zaduma nad światem w sieci* z 2016 roku – ale jakoś ich nie zapamiętuję. Za to pamiętam koszmary".

Istnieją też inne argumenty przeciwko kolonizacji kosmosu. Jak zostało powiedziane, więcej radości i tego, co czyni życie wartościowym, możemy znaleźć w locie maleńkiego ptaszka niż w całym odkrytym – i martwym – wszechświecie poza granicami Ziemi, a to przestałoby być prawdą, gdyby ludzkość zasiała ziarno życia w innych częściach kosmosu. A jeśli taka ekspansja zwiększy skalę ludzkich przywar w równym lub nawet większym stopniu co skalę naszych cnót? Arystoteles przekonywał, że człowiek może być naprawdę szczęśliwy w życiu, w którym rozwija i praktykuje określone cnoty, a minimalizuje wady. Zdaniem filozofa Roberta Sparrowa terraformowanie Marsa może przynieść odwrotny skutek, szczególnie jeśli chodzi o takie wady jak niewrażliwość na piękno i zuchwałość. Co do tego pierwszego, zmienianie Marsa w miejsce, gdzie mogliby zamieszkać ludzie, zapewne zniszczyłoby bezpowrotnie wiele przykładów naturalnego piękna na jego powierzchni, w tym formację kanionów siedem razy głębszych od Wielkiego Kanionu i dłuższych od terytorium Stanów Zjednoczonych, jak również inne zjawiskowe krajobrazy wyrzeźbione dłutem wiatru i czasu. Zuchwałość z kolei bierze się z nieposkromionej dumy i bezbrzeżnej arogancji. Nie trzeba szukać daleko, żeby dopatrzyć się jej licznych efektów tu, na Ziemi. Najmądrzejszym kierunkiem byłoby może nie całkowite wstrzymanie dalszej eksploracji kosmosu, ale prowadzenie jej z głębokim szacunkiem dla tego, co już istnieje, a także działanie z dużym umiarem i samoświadomością. To bowiem cechy, które (w co chciałbym wierzyć) najbardziej sprzyjają odczuwaniu zachwytu.

Nowa wizja świata

Latem 2015 roku informatycy z Google'a pokazali światu komputer, który śnił. Jego ekran pokazywał przelewające się fale kolorów, wirujące zawijasy, smugi światła i cienia, zniekształcone stworzenia, rozciągnięte twarze, fruwające gałki oczne i inne dziwaczne kształty, stwarzane na bieżąco i bez ustanku przybierające wciąż nowe konfiguracje.

Nikt nie zakładał oczywiście, że komputer, wykorzystujący technikę generowania obrazów zwaną „incepcjonizmem" i zasilany kodem DeepDream [Głęboki Sen], jest bytem świadomym. Nic się za tym nie kryło. Obrazy te zademonstrowały jednak, że komputery stają się coraz lepsze w imitowaniu niektórych procesów zachodzących w ludzkim mózgu – w tym wypadku chodziło o wizje i **halucynacje**[267] wywołane psychodelicznymi narkotykami – i można było odnieść wrażenie, że to kolejny krok w kierunku całkiem nowego postrzegania tego, do czego są zdolne maszyny, a co za tym idzie, do całkiem innego świata.

Zwiastunem nowej ery jest również program komputerowy AlphaGo, który w 2016 roku pokonał mistrza świata w go, Lee Sedola. Wcześniejsze komputery specjalizujące się w grach, jak zbudowany przez IBM Deep Blue, który w 1997 roku wygrał z szachowym mistrzem świata Garrim Kasparowem, opierały się na wykonywaniu gigantycznej liczby operacji przeliczeniowych z użyciem kodu napisanego uprzednio przez ludzkich programistów. Ale AlphaGo, opracowany przez należącą do Google firmę DeepMind, potrafił uczyć się sam. Nie zaczynał wyposażony w system ewaluacyjny bazujący na szczegółowej wiedzy na temat go, tak jak w przypadku Deep Blue i wiedzy o szachach. Zamiast tego poprzez analizowanie tysięcy wcześniejszych partii rozegranych przez ludzi i wielokrotne rozgrywanie partii przeciwko samemu sobie stworzył sieć procedur, konstruowanych za pomocą miliardów drobnych modyfikacji, z których każda miała na celu minimalne ulepszenie całości układu. To z kolei pomogło komputerowi zbudować

system ewaluacyjny, który przełożył się na coś bardzo podobnego do intuicji wprawnego gracza go, która podpowiada mu wartość różnych konfiguracji na planszy. A podczas mistrzowskiego starcia wykonał zadziwiające i bezprecedensowe zagranie. „To nie był ruch człowieka – powiedział pokonany przez program mistrz Europy w go Fan Hui. – Nigdy nie widziałem, żeby jakiś gracz grał w podobny sposób. Coś pięknego". Jak ocenił AlphaGo, istniała jedna szansa na dziesięć tysięcy, że człowiek użyłby tej samej taktyki, która szła pod prąd wielowiekowej, powszechnie akceptowanej wiedzy na temat gry. A jednak właśnie to posunięcie zadecydowało o zwycięstwie komputera.

Kluczową innowacją jest tu tzw. głębokie uczenie maszynowe – poprzez analizę ogromnej ilości danych AlphaGo stworzył sam dla siebie reguły, których nie sprecyzowali programujący go ludzie. Wcześniejsze generacje samouczących się maszyn przetwarzały informacje w ramach symulacji sieci neuronowych, wzorowanych na strukturze mózgu, ale składających się z zaledwie kilkudziesięciu czy kilkuset sztucznych neuronów tworzących pojedynczą warstwę. Systemy takie jak AlphaGo symulują miliardy neuronów podzielonych na odrębne, hierarchicznie uporządkowane warstwy dokładnie na tej samej zasadzie co w ludzkim mózgu. To właśnie wykorzystanie kilku wzajemnie powiązanych poziomów sprawia, że uczenie maszynowe staje się „głębokie". W sieci znajdują się warstwy węzłów, zakodowanych w oprogramowaniu, z których każdy posiada numerycznie wyrażone znaczenie dla całości i każdy jest połączony ze swoimi sąsiadami, uporządkowanymi w analogiczny sposób. Trening polega na wprowadzaniu do systemu danych i ocenianiu, jak dobrze wywiązuje się z zadania. Za każdym razem, gdy korzystamy z internetu bądź smartfona, niemal na pewno wnosimy swój wkład do głęboko uczącego się systemu, przekazując mu za darmo informacje, które mogą zostać wykorzystane do lepszych albo gorszych celów przez dostawcę tegoż systemu.

Możliwości nowych systemów są ogromne, a potencjalne zastosowania niemal niezliczone. Weźmy na przykład rozpoznawanie twarzy. DeepFace, algorytm stworzony przez Facebooka, potrafi w dziewięćdziesięciu siedmiu procentach przypadków zidentyfikować na zdjęciach twarze konkretnych osób, nawet jeśli są częściowo zakryte lub słabo oświetlone. Jego skuteczność jest pod tym względem porównywalna ze zdolnościami człowieka, jeśli nie większa. Microsoft twierdzi, że oprogramowanie rozpoznające twarze, z którego korzysta Cortana, cyfrowa osobista asystentka, jest w stanie rozróżnić na zdjęciu psy welsh corgi pembroke i welsh corgi cardigan, a więc dwie rasy, które wyglądają niemal identycznie. Użytkownicy Cortany będą zachęcani do zapewnienia jej dostępu do wszystkich swoich plików, mejli i aplikacji, aby mogła ich poznać i jak najlepiej im doradzać, a także służyć jako wirtualny agent reprezentujący ich interesy. Niektóre kraje, w tym Wielka Brytania, już teraz wykorzystują technologię rozpoznawania twarzy w kontroli granicznej. (Z kolei amerykańskie służby wywiadowcze stosują programy do rozpoznawania głosu, aby zmieniać nagrania rozmów telefonicznych w tekst, by było łatwiej przeszukiwać ich treść). Komputery coraz lepiej potrafią też odczytywać ludzkie emocje i pragnienia.

Algorytm Facebooka już dziś jest w stanie przewidywać nasze opinie i potrzeby lepiej niż tak bliski partner jak współmałżonek, kiedy trzysta razy klikniemy „lubię to”, a niedawny nabytek firmy, technologia FacioMetrics, wkrótce umożliwi mu precyzyjne **interpretowanie naszych emocji**[268]. W przyszłości tablety i inne urządzenia wyposażone w sensory biometryczne i czujniki analizy twarzy nauczą się, co sprawia nam radość, wywołuje smutek lub złość. „Książki” będą czytały w nas lepiej niż my w nich i będą wiedziały, jak nas pobudzić lub zniechęcić.

Weźmy też pod uwagę skomplikowane zadania do tej pory kojarzone z prestiżowymi i lukratywnymi zawodami. W 2011 roku jedna z wersji komputerowego programu Watson stworzonego przez IBM pokonała

żywych graczy w Jeopardy!, powszechnie uważanym za jeden z najtrudniejszych teleturniejów na świecie. Ale to była tylko przygrywka. Technologia ta zaczyna teraz wchodzić do służby zdrowia, gdzie pod pewnymi względami ma znaczną przewagę nad lekarzem człowiekiem. Watson potrafi na przykład uzyskać dostęp do wszystkiego, co wiadomo na temat każdej choroby i każdego rodzaju lekarstwa w historii, do tego nieustannie uaktualnia swoją bazę danych o najnowsze badania i statystyki pochodzące z każdego szpitala i kliniki na świecie, aby móc wystawić trafną diagnozę i wybrać najlepszą formę leczenia dla pacjenta. W nieco innej, ale powiązanej dziedzinie, japońskie towarzystwo ubezpieczeniowe Fukoku Life ogłosiło pod koniec 2016 roku, że wprowadza system oparty na Watsonie, który będzie czytał dokumentację medyczną, analizując długość pobytów w szpitalu, historie chorób i wszelkich zabiegów chirurgicznych, by móc uwzględnić te informacje przy obliczaniu wysokości odszkodowań. Mniej więcej w tym samym czasie największy na świecie fundusz hedgingowy, Bridgewater Associates, ogłosił, że w ciągu następnych trzech do pięciu lat zacznie korzystać z pomocy sztucznej inteligencji przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Rolą pozostałych w firmie ludzi będzie opracowanie kryteriów, wedle których system będzie dokonywał swoich wyborów, interweniując jedynie w razie usterki.

Roboty, które operują fizycznymi obiektami, ewoluują niemal równie szybko co roboty przetwarzające informacje. Opisany na początku tego rozdziału Atlas to tylko jeden przykład dynamicznego rozwoju maszyn, które stają się coraz bardziej zdolne do samodzielnego działania. W 2016 roku cybernetyczny chirurg za pomocą własnego wzroku, narzędzi i inteligencji zszył jelito świni. Według ocen wykonał to stosunkowo proste zadanie sprawniej niż chirurdzy ludzie. Miliardy dolarów inwestowane obecnie w setki firm już wkrótce diametralnie przekształcą sektor produkcyjny, rolnictwo, logistykę i inne gałęzie gospodarki, jak również wojsko. Zespół naukowców w Cambridge i Zurychu opracował system tworzenia „dzieci-robotów", które stopniowo stają się coraz lepsze w poruszaniu bez ludzkiej ingerencji.

„Robot-matka" ocenia, jak daleko są w stanie się przemieścić, a następnie bez pomocy człowieka ulepsza projekt, aby kolejna generacja mogła dotrzeć dalej. W innym projekcie roboty wykazały zwierzęcą zdolność do przyswajania sobie nowych ruchów w reakcji na uszkodzenia. W niektórych okolicznościach skuteczne okazują się roboty opiekujące się dziećmi i osobami starszymi. Seks z mówiącymi, wyglądającymi jak żywi ludzie robotami może już wkrótce stać się dostępny. Zwolennicy tej koncepcji mówią o „robogazmie"; krytycy ostrzegają przed nasileniem się kultury gwałtu czy nawet powrocie niewolnictwa.

Istnieje wiele znaków zapytania w kwestii tego, dokąd mogą doprowadzić te i podobne trendy, ale ogólnie rzecz biorąc, sprowadzają się do jednego, nadrzędnego pytania: czy maszyny wykształcą inteligencję i zdolności porównywalne z ludzkimi, a potem nas przerosną? Jeśli tak, to jakie będą tego konsekwencje? Jakiego rodzaju praca zostanie dla ludzi, kiedy większość zadań przejmą roboty? Czy w ogóle będziemy mieć jakąkolwiek rolę do odegrania? Zachwyt nad cudami nowoczesności sąsiaduje w tym przypadku z autentycznym niepokojem.

Koncepcja, wedle której maszyny pewnego dnia dorównają i wyprzedzą ludzi, nie jest niczym nowym. Ani obawy, że okaże się to dla nas katastrofalne w skutkach. W artykule z 1863 roku *Darwin wśród maszyn* powieściopisarz Samuel Butler ostrzegał właśnie przed tym losem. Na koniec tekstu, przywodząc na myśl Unabombera w surducie, autor argumentował, że „natychmiast należy wypowiedzieć im ostateczną wojnę. Każda maszyna, niezależnie od rodzaju, powinna zostać zniszczona przez tych, którzy mają na względzie dobro naszego gatunku. [...] Musimy niezwłocznie powrócić do pierwotnych warunków egzystencji ludzkiej rasy".

Tymczasem inna szkoła myślenia postrzega długofalowy wkład technologii w nasze życie jako korzystny, umożliwiający ludziom transformację egzystencji w coś nowego i piękniejszego. U progu XX

wieku przedstawiciele kosmizmu rosyjskiego, jak pionier techniki rakietowej Konstantin Ciołkowski, głosili, że transcendencję uda się osiągnąć nie w jakimś odległym niebie, ale w świecie materialnym. Zgadzało się z tym wielu marksistów. „Gatunek ludzki – pisał Lew Trocki w 1923 roku – wkroczy w stan **radykalnej transformacji**[269], własnymi rękami czyniąc z siebie obiekt najbardziej skomplikowanych metod sztucznej selekcji i psychofizycznego szkolenia". W 1929 roku krystalograf John Bernal, który także był zagorzałym marksistą, pisał: „nareszcie nastanie kres świadomości jako takiej lub zatraci się ona w ludzkości całkowicie ueterycznionej [...] staniemy się masą atomów w przestrzeni, komunikujących się za pomocą promieniowania, a na koniec być może całkiem rozpłyniemy się i zmienimy w światło".

Podobne koncepcje rozwijali także naukowcy reprezentujący inny światopogląd. W latach pięćdziesiątych matematycy John von Neumann i Stanisław Ulam przewidywali, że nieprzerwanie przyspieszający postęp technologiczny doprowadzi do „zmian w ludzkim życiu, które to procesy zdają się dążyć do pewnego osobliwego punktu w historii naszej rasy, po którym styl życia, jaki obecnie znamy, nie będzie mógł trwać". Neumann i Ulam byli pionierami stosowania programowalnych maszyn w pracy nad bronią jądrową, a uznanie komputerów za kluczowy element tej technologicznej transformacji zapewnił im miejsce w historii, podobnie jak wprowadzony przez nich termin „osobliwość", dziś często pisany wielką literą. Dla niektórych obserwatorów wykształcenie się sztucznej superinteligencji, co da początek galopującemu rozwojowi technologicznemu prowadzącegmu do „nadludzkiej" przyszłości, jest dziś praktycznie nieuniknione. „Nasza epoka – stwierdza dziennikarz naukowy George Dyson – stała się **protoepoką**[270] dla czegoś innego".

Niektórzy prorocy osobliwości (lub Osobliwości) – do których w dzisiejszych czasach zaliczają się raczej libertarianie, prezesi firm technologicznych i miliarderzy aniżeli marksiści – podzielają quasi-religijny zapał Bernala i są entuzjastycznie nastawieni do zbliżającej się

nowej ery. W 2005 roku Ray Kurzweil, dziś zatrudniony w Google, nakreślił poetycką i często przytaczaną wizję, w której Osobliwość eliminuje wojnę, chorobę, ubóstwo, a nawet śmierć, wywołując w zamian „eksplozję sztuki, nauki i innych form wiedzy, które [...] nadadzą życiu prawdziwy sens". Rewolucja będzie przebiegała na trzech frontach: rozpocznie się „radykalna obfitość", kiedy dzięki nanotechnologii molekularnej praktycznie wszystkie dobra materialne będą produkowane przy niemal zerowych kosztach krańcowych; przełomy w medycynie i żywieniu znacznie zwiększą przeciętną długość życia człowieka oraz pojawi się w końcu możliwość załadowania umysłów osób żywych oraz świeżo zmarłych do pamięci komputera. W **połowie wieku**[271], pisał Kurzweil, ludzie będą już żyli w imersywnych rzeczywistościach wirtualnych, o wiele bogatszych i bardziej satysfakcjonujących niż prawdziwy świat.

U innych perspektywa Osobliwości wywołuje wielki niepokój. W 2014 roku Stephen Hawking, prawdopodobnie najbardziej rozpoznawalny naukowiec na świecie, dołączył do innych wpływowych głosów ostrzegających, że mariaż robotyki ze sztuczną inteligencją może oznaczać koniec ludzkości. Współzałożyciele Apple'a Steve Wozniak i Elon Musk wyrazili podobne obawy. Nawet sam Kurzweil utemperował już nieco swój huraoptymizm, opracowując listę potencjalnych zagrożeń i zauważając, że „inteligencja jest z samej swej natury niemożliwa do kontrolowania". Nick Bostrom, filozof i transhumanista, spekuluje, że domniemane rezultaty zbliżającej się wielkimi krokami eksplozji superinteligencji oznaczają zagładę ludzkości, a próby zbudowania „przyjaznej sztucznej inteligencji", zanim będzie za późno, prawdopodobnie zakończą się klęską.

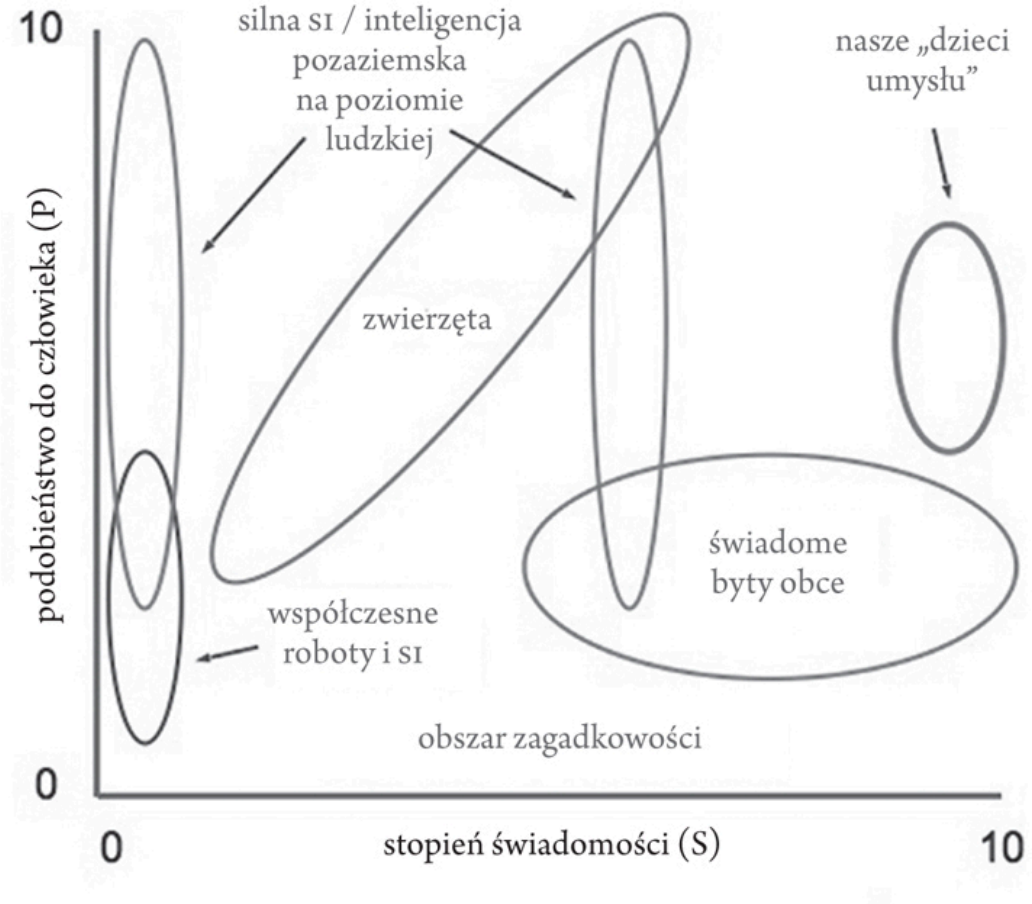
Ale przy całym poruszeniu, jakie wywołuje idea Osobliwości, jest też wielu ekspertów od technologii i nie tylko, którzy uważają, że to wciąż kwestia odległej przyszłości, o ile w ogóle kiedykolwiek do tego dojdzie. Zalicza się do nich Gordon Moore, autor „prawa" wykładniczego wzrostu mocy obliczeniowej, które Kurzweil przytacza na poparcie

swojej tezy, a także Paul Allen, współzałożyciel Microsoftu, który przekonuje, że nie istnieje prawo przyspieszonego rozwoju, ponieważ nauka dociera w tym miejscu do fundamentalnej bariery. Według sceptyków stworzenie „ogólnej sztucznej inteligencji", zwanej też „silną", która umie zrobić wszystko, co potrafi człowiek, a nawet więcej, wymagałoby od nas przełomów na poziomie konceptualnym (chociażby zrozumienia, czym naprawdę jest „myśl") i innowacji technicznych, które na razie są poza naszym zasięgiem. Wskazują też, że poprzednie prognozy o bliskim nadejściu **superinteligentnych maszyn**[272] wielokrotnie okazywały się błędne.

Jedna z głównych nauk, które płyną z badań nad sztuczną inteligencją, mówi kognitywistka Margaret Boden, to taka, że „ludzki umysł jest o wiele bardziej złożony i bardziej subtelny, niż wyobrażali sobie wcześniej psychologowie". Posiadamy szeroki zakres zdolności oprócz inteligencji obliczeniowej (która w porównaniu z niektórymi maszynami jest dość ograniczona), obejmujący inteligencję fizyczną, społeczną i emocjonalną, jak również tzw. inteligencję ramową. Według Boden i innych, którzy wątpią w zbliżającą się Osobliwość, każda z tych kategorii stanowi ogromne wyzwanie. Boden wyjaśnia trudność zawartą w odwzorowaniu inteligencji ramowej za pomocą zabawnej zagadki: jeśli dwudziestoletni mężczyzna w godzinę jest w stanie zebrać pięć kilogramów jeżyn, a osiemnastoletnia kobieta cztery kilogramy, to ile zbiorą, gdy pójdą na jeżyny razem? Dziewięć nie jest wcale wiarygodną odpowiedzią, tłumaczy Boden. Mogą zebrać więcej, ponieważ oboje będą chcieli się przed sobą popisać. Albo znacznie mniej… z przyczyn, które być może podpowiada nam wyobraźnia. Powstaje problem ramowy, mówi Boden, „ponieważ programy sztucznej inteligencji są pozbawione ludzkiego poczucia **relewantności**[273]".

Fizyk Richard Jones rozumie atrakcyjność koncepcji sztucznej inteligencji, ale przekonuje, że wizja transferu ludzkiego umysłu do pamięci komputera to czysta **mrzonka**[274]. Nawet gdybyśmy potrafili

opracować schemat żywego mózgu, nie wystarczyłoby to do zrozumienia, w jaki sposób on funkcjonuje. Najpierw musielibyśmy bowiem przeanalizować, jak dokładnie przebiega interakcja między neuronami w każdym węźle, a to już wymagałoby zejścia na poziom molekularny, ponieważ podstawową jednostką obliczeniową w mózgu nie jest wcale neuron ani nawet synapsa, tylko molekuła. A jak twierdzi Jones, żadne wyobrażalne zwiększenie mocy komputerów nie pozwoli nam przeprowadzić takiej symulacji.



Na tej mapie wszystkich możliwych umysłów sporządzonej przez Murraya Shanahana zajmującego się robotyką kognitywną pionowa oś P wskazuje stopień podobieństwa danej inteligencji do człowieka, natomiast pozioma oś S mierzy jej świadomość. Ludzie znajdują się, rzecz jasna, na poziomie 10 na osi P i w przedziale 7 do 8 na osi S, co plasuje ich w górnym prawym rogu wśród stworzeń zamieszkujących Ziemię (ocena ludzkiej świadomości jest być może przesadnie szczodra – całkiem możliwe, że inne istoty mogą nas pod tym względem wyprzedzać). Istniejące obecnie roboty i sztuczne inteligencje mają wynik 0 na osi S, ale te, które posiadają zdolność poruszania się i adaptacji do warunków zewnętrznych, plasują się nisko na osi P. Byt stworzony specjalnie, by stać się sztucznym następcą człowieka – jedno z hipotetycznych określeń to „dzieci umysłu” – miałby wysoki wskaźnik S i spory wskaźnik P. Świadome byty obce, takie jak inteligencje pozaziemskie, mogłyby okazać się bardziej świadome od ludzi, ale całkiem od nich różne – jak planeta w powieści Stanisława Lema *Solaris* z 1961 roku, która jest jednym, ogromnym, inteligentnym organizmem.

Być może istnieją więc dobre podstawy, by wątpić w to, że maszyny kiedykolwiek nabędą część właściwości, które czynią z nas ludzi, w tym niektóre rodzaje świadomości oraz intencjonalne zachowania społeczne. Lekkomyślnie byłoby jednak zupełnie wykluczyć możliwość radykalnej transformacji i wykształcenia się nowych form „umysłu". Całkiem niedługo neuromorficzne komputery (w których miliony prostych jednostek obliczeniowych tworzą sieć złączoną za pomocą złożonych i zróżnicowanych „synaps") mogą przynieść ze sobą gwałtowny wzrost możliwości maszyny. Natomiast komputer kwantowy (który działałby o wiele szybciej niż jakikolwiek tradycyjny model) oraz hiperkomputer (który przerósłby uniwersalną maszynę Turinga, ponieważ byłby w stanie osiągnąć samoistną przypadkowość, w opinii niektórych informatyków stanowiącą atrybut prawdziwie kreatywnej inteligencji) powoli zaczynają wyglądać coraz bardziej realnie. Jeżeli taki superkomputer kiedyś powstanie, to będziemy musieli wymyślić dla niego jakieś dobre pytania, a on być może odpowie nam coś więcej niż tylko, ile to jest sześć razy siedem.

A gdyby kiedykolwiek faktycznie pojawiła się sztuczna inteligencja porównywalna z ludzką lub ją przewyższająca, mogłaby okazać się nieszkodliwa. Psycholog Nicholas Humphrey porównuje to do „biologicznych maszyn", selekcjonowanych i programowanych od tysiącleci, aby były sługami i towarzyszami człowieka: psów. Sztuczna superinteligencja może się nam jawić jako tytułowy kolos z obrazu Goi, kroczący przez krajobraz pełen uciekających w popłochu ludzi, ale równie dobrze może przypominać bardziej Wielkomiluda Roalda Dahla.

Zdaniem pioniera w dziedzinie komputerów kwantowych Davida Deutscha prawdziwe wyzwanie stanowić będą niekoniecznie myślące komputery jako takie. „Bitwa pomiędzy dobrymi i złymi ideami jest równie stara jak nasz gatunek i będzie trwała niezależnie od używanego w niej sprzętu. Rzecz w tym, że chcemy, aby inteligencje z dobrymi ideami pokonały złe inteligencje, [zarówno] biologiczne, jak i sztuczne".

Ale problem, tłumaczy Deutsch, polega na tym, że jesteśmy omylni i nasze rozumienie dobra wymaga ciągłego udoskonalania. Jeżeli społeczeństwo ma zostać zorganizowane tak, by promować to ulepszenie, postawa w stylu „podporządkujmy sobie każdą inteligencję, która nie wygląda tak jak my", stanowi złą odpowiedź. Uczenie się to coś, co każda nowo stworzona inteligencja (ludzka lub sztuczna) musi robić, i częściowo kontrolować samodzielnie.

Być może nie jest czymś niedorzecznym zakładać, że ludzie będą współpracować z innymi inteligencjami zarówno w wymiarze *arete* (cnoty), jak i *agape* (miłość i dobroczynność). Porównywalne z tym ostatnim terminy w innych tradycjach to na przykład sufistyczna *ishq*, „miłość bezinteresowna", i buddyjska *mettā*, „dobroć i życzliwość". *Mettā* to pierwsza z czterech szlachetnych postaw (Brahmaviharā), z których pozostałe to współczucie, współradość i bezstronność. Osiągnięcie wszystkich wydaje mi się całkiem niezłą drogą prowadzącą nas do świata cudów.

Ludzkość 2.0

Superinteligentne maszyny i/lub postludzie mogą się pojawić za dziesiątki czy setki lat, a być może nigdy. Jednak w dającej się przewidzieć przyszłości naszym największym wyzwaniem związanym z komputerami i robotami nadal będzie to, w jaki sposób wpłyną one na zmianę relacji między ludźmi lub między ludźmi a resztą świata. Albo, jak ujął to projektant stron internetowych Maciej Cegłowski: „palące pytania etyczne w kwestii uczących się maszyn nie dotyczą wcale tego, czy mogą uzyskać samoświadomość i przejąć kontrolę nad światem, tylko w jaki sposób ludzie mogą zacząć wykorzystywać innych ludzi lub przez niedbałość wprowadzić do zautomatyzowanych systemów niemoralne zachowania".

Spójrzmy na przykład na programy komputerowe i roboty jako na coraz ważniejsze komponenty broni i innych narzędzi opresji. Jak ujął to filozof Stephen Cave: „obecnie **poważne fundusze**[275] przeznacza się na pracę nad SI, której zadaniem jest zabijanie ludzi. Co może pójść nie tak?”.

Okazuje się, że całkiem sporo. Podobnie jak sterowane przez komputer samochody, zautomatyzowane systemy uzbrojenia mogą się okazać bezpieczniejsze i mniej zawodne niż te obsługiwane przez człowieka… chyba że zabiją nas wszystkich. Nawet pomijając inne sprawy, wciąż pozostaje bowiem problem odpowiedniego sformułowania myśli. Niczym rybak w bajce, który wyraża życzenie, aby jego syn wrócił z wojny, i niedługo potem przywożą go do domu w trumnie, możemy się srogo rozczarować informacją, że sztucznej inteligencji brakuje ludzkiego zrozumienia kontekstu. Powinniśmy w tym miejscu wyciągnąć naukę z historii. Kilkakrotnie w trakcie zimnej wojny i po niej, już w mniej odległych nam czasach, zdarzyło się, że automatyczne systemy wczesnego ostrzegania zaleciły atak w odpowiedzi na rzekome wystrzelenie przez wroga pocisków nuklearnych. Kataklizmu udało się uniknąć tylko dzięki opanowaniu operatorów, których wyczucie szerszego kontekstu politycznego i humanitarnego pozwoliło im trafnie ocenić sytuację i uznać, że najprawdopodobniej jest to fałszywy alarm. Bardziej autonomiczne systemy obronne z samej definicji w mniejszym stopniu podlegałyby podobnej kontroli.

Ale największym wyzwaniem z wszystkich będzie zapewne wpływ robotyki i sztucznej inteligencji na gospodarkę, strukturę zatrudnienia oraz charakter **społeczeństwa obywatelskiego**[276]. Od zarania szybkiego rozwoju technologicznego istniało też to, co John Maynard Keynes nazwał technologicznym bezrobociem. Mechanizacja rolnictwa w Europie i Ameryce Północnej wyparła z gospodarstw rolnych miliony pracowników, którzy trafili stamtąd do fabryk. Później z powodu automatyzacji i globalizacji robotnicy z sektora produkcyjnego zaczęli

masowo przenosić się do nowo powstałego sektora usługowego. Z reguły w okresie przejściowym duży problem stanowiło bezrobocie, ale ogólnie rzecz biorąc, nie stawało się ono systemowe ani permanentne. Pozbawieni zatrudnienia pracownicy znajdowali inne możliwości, a nowe posady okazywały się często lepsze od poprzednich, zwłaszcza w pierwszych dekadach po zakończeniu drugiej wojny światowej.

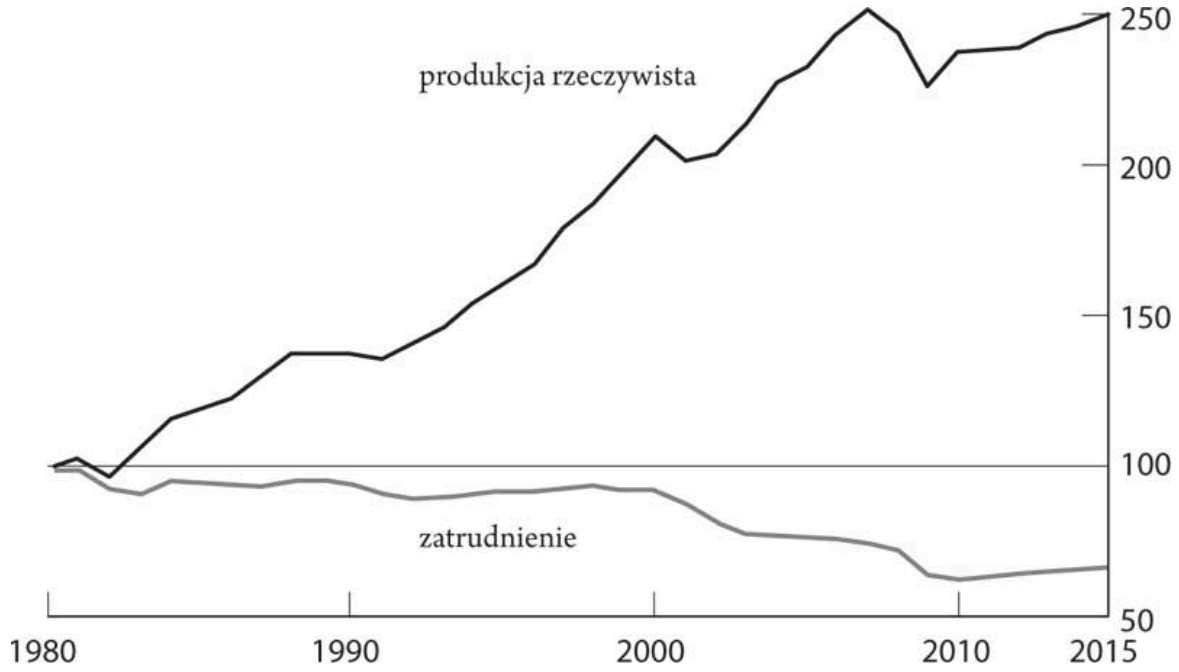
W swojej książce *Świt robotów* z 2015 roku futurysta Martin Ford przekonuje, że tym razem będzie inaczej. „Znajdujemy się na skraju eksplozji innowacyjności, która prędzej czy później wyda z siebie roboty przystosowane do wykonywania niemal każdego wyobrażalnego zadania z sektora komercyjnego, przemysłowego i konsumenckiego". Tym razem zagrożone są bowiem nie tylko stanowiska wymagające niewielkiego wykształcenia i ograniczonych umiejętności. Każda praca, której charakter jest w dużej mierze przewidywalny, może zostać zautomatyzowana, co obejmuje wiele, jeśli nie większość stanowisk w finansach, prawie, medycynie i innych profesjach. Ponadto duża liczba pozostałych jeszcze stanowisk opierających się na pracy fizycznej zostanie także **przejęta przez roboty**[277]. Nawet posady ostatniej szansy, jak smażenie i serwowanie hamburgerów, znikną w wirze zmian ekonomicznych, po których, jak ujmuje to dziennikarz Declan Butler: „roboty będą się komunikować między sobą sto milionów razy szybciej niż ludzie [...] uzupełniając wzajemnie swoją wiedzę z prędkością światła".

Co więcej, przekonuje Ford, zmiany te nastąpią w połączeniu ze stale zwiększającą się nierównością dochodów w gospodarkach rozwiniętych, która osiągnęła dziś poziom nieodnotowany od 1929 roku. W Stanach Zjednoczonych i innych zamożnych krajach procent łącznego dochodu państwowego, który trafia w ręce siły roboczej, obniżył się gwałtownie i w dalszym ciągu **spada**[278]. Patrząc w skali światowej, maleńki odsetek populacji, który posiada większość globalnego kapitału, jeszcze nigdy nie był tak bogaty i potężny jak

obecnie. „Jeśli nie zdamy sobie sprawy z problemu ani nie dostosujemy się do nowych warunków – pisze dalej Ford – staniemy w obliczu najgorszej możliwej **kumulacji zjawisk**[279], gdy konsekwencje gwałtownie rosnącej nierówności, technologicznego bezrobocia i zmian klimatycznych będą postępować mniej więcej równolegle, pod pewnymi względami nawet napędzając i potęgując się wzajemnie".

Jeden sposób na uniknięcie tej **hiperkapitalistycznej dystopii**[280] został opisany przez pisarza i krytyka Johna Lanchestera. Proponuje on, aby prawo własności oraz kontroli nad wieloma nowymi technologiami – a przynajmniej nad generowanymi przez nie zyskami – stały się dobrem publicznym. W jego wizji roboty uwalniają ludzkość od ciężkich fizycznych prac – takich jak górnictwo, jeżdżenie ciężarówką, czyszczenie toalet – a ponieważ korzyści są dzielone sprawiedliwie, ludzie mogą przez większość czasu **robić to, co chcą**[281]. „To właśnie byłby świat nieograniczonych potrzeb opisywany w ekonomii – tłumaczy Lanchester – ale z rozróżnieniem na potrzeby zaspokajane przez ludzi a pracę wykonywaną przez nasze maszyny". Byłby to świat, który wyobrażał sobie William Morris w książce *Wieści znikąd* z 1890 roku – świat pełen ludzi wykonujących ważną i słusznie wynagradzaną pracę, a nie bezmyślną harówkę, tyle że z dodatkowym elementem w postaci robotów. Doprawdy, może się to wydawać wspaniałą perspektywą. Lanchester nie precyzuje, jak ten scenariusz (czasem określany mianem w pełni zautomatyzowanego luksusowego komunizmu) miałby się ziścić, ale ekonomista Janis Warufakis sugeruje uniwersalny dochód podstawowy pokrywany nie z podatków, tylko ze zwrotu na kapitale. Niestety inne trajektorie, takie jak wizja nazywana przez Petera Frase'a „eksterminizmem" – neofeudalny koszmar, w którym ultrabogaci zachowują wszystkie znaczące środki generowania bogactwa i zamykają się w **ufortyfikowanych twierdzach**[282], podczas gdy całą pracę wykonują roboty, a wszyscy inni muszą walczyć o marne resztki na coraz bardziej nagrzewającej się planecie – wydają się dziś nie mniej prawdopodobne.

W *Homo Deus*, swojej „krótkiej historii jutra", historyk Yuval Noah Harari kreśli jeszcze bardziej ponury scenariusz, sugerując, że przy wszystkich jej korzyściach technologia może prowadzić do kresu ludzkości takiej, jaką znamy. Korporacje i wojsko potrzebują informacji wywiadowczych, a te w coraz większym stopniu będą im zapewniały maszyny, ale nie potrzebują świadomości. Stale rosnąca liczba ludzi będzie się stawała ekonomicznie, a tym samym politycznie bezużyteczna. Ale ogólny rozkład posunie się jeszcze dalej. „Liberalny" obraz własnego ja rozpadnie się, gdy maszyny (i stojące za nimi potężne grupy interesu) poznają nas lepiej, niż my znamy sami siebie, i coraz częściej będą podejmować za nas najważniejsze decyzje. „Jest rzeczą bardziej prawdopodobną – pisze Harari – że w XXI wieku jednostka będzie się łagodnie rozpadała od środka, niż zostanie brutalnie zmiażdżona od zewnątrz [przez Wielkiego Brata]".



Spośród wszystkich miejsc pracy w sektorze produkcyjnym, które zniknęły w USA pomiędzy 1980 a 2015 rokiem, osiemdziesiąt pięć procent zostało utraconych w wyniku automatyzacji, a tylko piętnaście z powodu handlu międzynarodowego.

Cóż, całkiem możliwe. Być może jednak tak ponury scenariusz to przynajmniej po części wysublimowana ekspresja – lub projekcja

w przyszłość – poczucia beznadziei w odniesieniu do naszych własnych czasów, w których siły dążące do dehumanizacji i manipulacji innymi tak często zdają się mieć nad nami przewagę. A jeśli tak, to stojące przed nami wyzwanie może być co najmniej w równym stopniu kwestią polityki co technologii. W końcu opresja od zawsze była stałą, a niekiedy dominującą cechą ludzkich społeczeństw, podobnie jak niekończąca się walka o wyzwolenie.

Wypowiadając się niedługo po wyborze Donalda Trumpa na prezydenta Stanów Zjednoczonych, kiedy „na całym świecie [...] dyrygenci stojący przed orkiestrą ludzkości mają w głowie jedynie najpodlejsze i najbardziej banalne melodie", powieściopisarka Zadie Smith doszła do wniosku podczas spotkania z niemieckimi czytelnikami, że postęp w stronę społeczeństwa wolnego od uprzedzeń i opartego na empatii nigdy nie jest trwały. Każdy krok w tym kierunku, stwierdziła, „zawsze będzie zagrożony, musi więc zostać powtórzony, podkreślony i zreinterpretowany, jeśli nie chcemy, aby go cofnięto". A gdzie Harari eksponuje wewnętrzne sprzeczności i słabości człowieka, Smith celebruje naszą złożoność, a nawet wrodzoną przewrotność. „Jeśli pisarze wiedzą cokolwiek – powiedziała – to chyba to, że pojedynczy obywatel ma w sobie wewnętrzną mnogość; każdy z nas nosi w środku pełen zakres behawioralnych możliwości".

Trwoga, euforia, zachwyt

Mamy powody, by obawiać się nowych technologii, ale jest się także z czego cieszyć. Niedawne innowacje przyniosły nam już wiele cudownych rezultatów i pozwalają spodziewać się ich znacznie więcej. Weźmy chociażby fundamentalny postęp, jeśli chodzi o średnią długość życia i nasz ogólny dobrostan. Jeszcze około dwustu lat temu połowa spośród wszystkich rodzących się **dzieci**[283] umierała przed ukończeniem piątego roku życia z przyczyn, którym współcześnie łatwo potrafimy zapobiec. Dzisiaj, głównie dzięki takim podstawowym

usprawnieniom jak przyzwoite warunki sanitarne, lepsze wyżywienie i szczepienia, odchodzi tylko mały procent, a znacznie większa liczba ludzi wiedzie dłuższe i zdrowsze życie niż kiedykolwiek w historii świata. Nie osiągnęliśmy jeszcze poziomu Hiperborejczyków ze średniowiecznej *mappa mundi*, którzy żyją tyle, ile chcą, bez kłótni ani chorób, ale ogólnie rzecz biorąc, żyjemy znacznie dłużej od naszych przodków przy o wiele mniejszym zagrożeniu cierpieniem fizycznym.

Dziś stajemy w obliczu potencjalnych ingerencji biotechnologicznych i nie tylko, które mogą gruntownie przebudować najbardziej intymną strukturę zarówno nas, ludzi, jak i całej otaczającej nas sieci życia. Jednym z najbardziej znaczących przykładów będzie prawdopodobnie zastosowanie technologii inżynierii genetycznej CRISPR/Cas9, dzięki której stanie się możliwa edycja genomu każdej żywej istoty, a modyfikacje te będzie można przeprowadzać znacznie szybciej, taniej i bardziej precyzyjnie niż dotychczas. Zwolennicy tej metody twierdzą, że niesie ze sobą nadzieję na wyleczenie wielu chorób wirusowych i genetycznych, jak również nowotworów, a ponadto widzą możliwości zastosowania jej w celu całkowitego wyeliminowania takich chorób jak malaria, która zabija około tysiąca dzieci każdego dnia, a wiele innych doprowadza do skrajnego wycieńczenia. Technologia CRISPR, jak często się ją w skrócie nazywa, może zostać z powodzeniem wykorzystana do genetycznego zmodyfikowania szeregu roślin i zwierząt, włączając w to nas samych. Oznaczałoby to wprowadzenie nieodwracalnych zmian w naszej puli genów, a potencjalnie także możliwość sterowania procesami ewolucyjnymi w większym stopniu i znacznie szybciej niż w przypadku tradycyjnych technik hodowlanych. „Nauczymy się sami **czytać i pisać w języku naszej natury**[284] [czyli w naszym podstawowym kodzie genetycznym]" – mówi fizyk Siddhartha Mukherjee. Praktyczne zastosowania tej umiejętności zaczną się zapewne od wyeliminowania chorób genetycznych, ale pewnego dnia mogą objąć także ingerencję w cechy związane u ludzi z siłą, inteligencją i innymi przymiotami uważanymi za pożądane (chociaż w ciągu następnych kilku dekad

bardziej powszechną metodą będzie prawdopodobnie selekcja embrionów). CRISPR i inne techniki edycji genów (lub tworzenia genów), które na razie ledwo sobie wyobrażamy, być może pozwolą nam spowolnić proces starzenia się, dzięki czemu wszyscy ludzie żyliby ponad sto lat albo dłużej.

Eksperci obdarzeni bardziej bujną wyobraźnią piszą nawet o takich rzeczach jak genetycznie wyhodowane skrzydła u ludzi, który to pomysł przemawia do odwiecznego marzenia ludzkości o lataniu, ale szczerze mówiąc, brzmi aż nazbyt frywolnie. Jeżeli mowa o rozszerzaniu zakresu zdolności i percepcji człowieka, to na krótką metę znacznie bardziej prawdopodobne wydają się nowe rodzaje protez i implantów. Wyjście poza dostępny obecnie zestaw urządzeń wspomagających, jak okulary, rozruszniki serca i sztuczne kończyny, które pozwalają osobom z obniżoną sprawnością na tym czy innym polu osiągnąć standardowy poziom ludzkich zdolności, może zwiększyć nasze możliwości i sprawić, że przekroczymy granice tego, co obecnie uważamy za normalne. Prostym przykładem jest tu North Sense, mały silikonowy gadżet przyczepiany do klatki piersiowej, który wibruje, gdy jego właściciel stoi zwrócony w kierunku północnym. Ale ludzie z pewnością na tym nie poprzestaną. Do użytku mogą wejść na przykład „superaparaty słuchowe", które pozwalają dosłyszeć nawet najcichsze dźwięki, albo urządzenia umożliwiające dostrzeżenie fal elektromagnetycznych poza zakresem światła widzialnego gołym okiem czy też wyczuwanie pól magnetycznych. Na tym nie koniec. Całe życie na Ziemi zapewne stanie się podatne na całkiem nowe formy manipulacji. Na początku 2017 roku naukowcy potwierdzili, że udało im się stworzyć mikroorganizmy z syntetycznym DNA, w którym alfabet genetyczny został poszerzony o dwie nowo utworzone litery. Ta „stabilna forma półsyntetycznego życia" powinna ich zdaniem położyć podwaliny pod osiągnięcie „głównego celu biologii syntetycznej: tworzenie [programowalnych] nowych form życia".

„Oto, co wielkiem jest w człowieku – pisał Fryderyk Nietzsche w latach osiemdziesiątych XIX wieku – iż jest on mostem, a nie celem". Nikt naprawdę nie wie, który ze scenariuszy zarysowanych w tym rozdziale lub w niezliczonych innych miejscach okaże się trafną prognozą (o ile w ogóle wszystkie nie są chybione). Może powinniśmy poświęcać nieco mniej energii na próby przewidywania przyszłości, a więcej na rozwijanie cech, które pomogą nam przetrzymać wszystko, co szykuje nam los. Nade wszystko bądźmy **serdeczni**[285] i odważni. Widząc coś, co budzi zdumienie i zachwyt, powitajmy to z otwartymi ramionami. Technologia stosowana właściwie nie musi być naszym wrogiem. Może pomóc nam nie przyjmować wszystkiego za pewnik, tylko **eksplorować, chronić i cieszyć się**[286] światem wypełnionym po brzegi tym, co – by posłużyć się słowami poety Gerarda Manleya Hopkinsa – „nadmierne, osobliwe, sprzeczne".

Patrząc przed siebie, nie zapominajmy także, skąd przyszliśmy, podtrzymujmy pamięć o przeszłych tragediach, a także próbujmy wybiegać wyobraźnią jeszcze dalej, do czasów sprzed pojawienia się człowieka oraz czasów, gdy już go nie będzie. W chwilach zadziwienia, jak je chętnie nazywam, uruchamiamy pełnię naszej koncentracji, a czas się „zagęszcza", pozwalając nam sięgać zarówno do przeszłości, jak i przyszłości. Czując jednocześnie strach i euforię, zaczynamy rozumieć, co miał na myśli Jorge Luis Borges, gdy pisał: „Czas jest rzeką, która mnie porywa, ale ja jestem tą rzeką; jest tygrysem, który mnie rozszarpuje, ale ja jestem tym tygrysem; jest ogniem, który mnie trawi, ale ja jestem tym ogniem". Dla tych z nas, którzy nie żyją w okowach nieustannego bólu, życie to dar, a w chwilach zachwytu wydaje się, że właśnie to stanowi jego istotę. Jeśli dobrze nam się wiedzie przez kilka lat, to prawdopodobnie w dużej mierze dlatego, że potrafimy zarówno dawać, jak i brać.

My, żyjący w wysoce zindustrializowanych społeczeństwach, możemy się wiele nauczyć od rdzennych ludów wielu regionów. Australijscy Aborygeni, którym udało się przetrwać akt niemal

całkowitego ludobójstwa z rąk najeźdźców dysponujących o wiele potężniejszą technologią, są powiernikami najstarszych znanych ludziom opowieści. Wyraża się w nich treściwe poczucie czasu obejmujące pamięć o autentycznych wydarzeniach związanych (na przykład) z podniesieniem się poziomu morza, które miało miejsce około **dziesięciu tysięcy lat**[287] temu. Adresując swe słowa do wszystkich, którzy obecnie żyją na australijskim kontynencie, a także do każdego innego, kto zechce go wysłuchać, Galarrwuy Yunupingu, członek starszyzny plemienia Yolngu, mówi: „Bądźmy tym, kim jesteśmy – rdzennym ludem w nowoczesnym świecie – i bądźmy z tego dumni. Przyznajmy, że przetrwaliśmy najgorsze, co nam zgotowano, i jesteśmy tu nadal, z naszymi pieśniami, z naszymi ceremoniami, naszą ziemią, naszym językiem i naszymi ludźmi – naszą pełną tożsamością. Oferuję ci zatem wielki dar, jeśli tylko zdecydujesz się go przyjąć". Dziś, zbliżając się już do kresu swych dni, widzi czas, który ma dopiero nadejść, „przesuwający się ponad wodami, spływający z błękitnego nieba, przenikający przez horyzont, niczym projekcja na ekranie ukazująca obraz przyszłości". Czasem widzi też świat jako urzekające malowidło, stworzone rękami mistrzów, lecz teraz rozbite na tysiąc części, i sam stara się złożyć je z powrotem w jedną całość: „odtworzyć obraz takim, jaki powinien być – w całym jego majestatycznym pięknie".

Posłowie

Tropiciel cudów i jego cień

Rozpacz jest często przedwczesna.

Rebecca Solnit

Gotów, by być wszystkim, zaznając ekstazy życia wiecznego.

Thomas Browne

Jeśli wybierzecie akurat tę trasę, co jest najbardziej prawdopodobne, miniecie bramę bazy wojskowej, wjedziecie na równinę, gdzie betonowe bunkry, służące niegdyś za cele, do których żołnierze strzelali z wielkich dział, dziś porastają krzewy cierniste, brzozy i dzikie róże, aż dotrzecie do miejsca, w którym kończy się droga. Tuż za niewielką zatoczką obok przysadzistego ceglanego budynku asfalt pnie się w górę nad niskim grzbietem nadbrzeża i opada po drugiej stronie, biegnie łagodnym zboczem przez jakieś sto metrów, po czym znika pod powierzchnią wody. Nieco ponad godzinę później, gdy kończy się odpływ, waszym oczom ukaże się równina błotna Maplin Sands ciągnąca się aż po horyzont, gdzie odległe grzbiety fal zlewają się z błękitem nieba. Tu egzystencji nie ograniczają żadne bariery.

Na tej bezkresnej równinie są ścieżki, które – jeśli będziemy się mieć na baczności – zaprowadzą nas bezpiecznie na brzeg, zanim fala powróci i uniesie nas ze sobą. Na końcu betonowego pasa stoi metalowy słup w kolorze jasnej zieleni, zaś jego szczyt wieńczą dwa trójkąty z metalowych listewek wyznaczające cztery strony świata. To drogowskaz dla tych, którzy zapuścili się w dalsze rejony równiny. Słup jest wysoki – mierzy około sześciu metrów – i robi wrażenie. Mógłby być gnomonem gigantycznego zegara słonecznego, którego pustą tarczą jest piasek, albo pomnikiem wzniesionym przez szalonego wizjonera w miejscu, gdzie łuk tęczy dotyka Ziemi, albo surrealistyczną wersją samotnego drzewa ze sztuki *Czekając na Godota*. Jednak słup nie mówi nam, ani w którą stronę iść, ani czy nasza podróż dopiero się zaczęła, czy właśnie dobiegła końca – nie mówi, czy to sen czy jawa.

Stojąc obok rzeczonego słupa w pewien letni poranek, gdy szykowałem się do wędrówki po Maplin Sands, przez moment poczułem coś, czego, odkąd skończyłem dwadzieścia lat, doświadczam naprawdę rzadko: stałem przed jakąś **obietnicą, perspektywą**[288]

czegoś nowego. Wpadłem w prawdziwe zdumienie światem i zachwyt nad nim: miałem poczucie, że całe życie toczy się tylko w tym jednym miejscu, nigdzie indziej, choć horyzont już odkrywał przede mną równie cudowne rzeczy.

Podobno średniowieczni pielgrzymi, dotarłszy do celu swojej podróży, podnosili lusterko, by odbiło obraz relikwii, a po powrocie do domu dumnie pokazywali je krewnym i przyjaciołom, wierząc, że zachowała się w nim jakaś część mocy płynącej ze świętego przedmiotu.

Moja książka jest właśnie jak to zwierciadło. Pomimo ciemnych myśli, które nieraz mnie nawiedzają, wciąż wolę się zachwycać cudami tego świata i dzielić się tym uczuciem z innymi. „Nie będziesz czerpał prawdziwej radości ze świata dopóty, dopóki nie pokochasz piękna płynącego z radowania się nim tak bardzo, iż zapłonie w tobie pragnienie dzielenia się tą radością z innymi" – pisał Thomas Traherne.

Celem filozofii, jak sugerował Ludwig Wittgenstein, jest „wskazać musze wyjście ze szklanej muchołapki". Najlepiej za pomocą zdumienia i zachwytu. Pytanie tylko, jak wygląda życie poza ścianami tej szklanej pułapki. Czasami można odnieść wrażenie, że nie jesteśmy w pełni przygotowani do wolności i latania. Annie Dillard wspomina pewien incydent z ćmą z gatunku *Antheraea polyphemus*, który miał miejsce podczas lekcji biologii. Gdy owad wyszedł z kokonu umieszczonego w słoiku, okazało się, że nie ma dość miejsca, by w pełni rozwinąć pokryte dziwacznymi plamkami skrzydła (których szerokość wynosi zazwyczaj 15 centymetrów). W efekcie uległy deformacji, na stałe przyjmując kształt wymuszony przez ścianki naczynia, i gdy ćma wreszcie odzyskała wolność, jedyne, co mogła, to pełzać po ziemi. No i nie zapominajmy o egzystencjalnej **literówce**[289] Elizabeth Bishop, Człowieku-Ćmie, który musi wspinać się tak wysoko, jak to tylko możliwe, wykonywać to, co go najbardziej przeraża, i za każdym razem ponosić porażkę, spadając na ziemię – po każdym upadku ucieka do oświetlonych martwym światłem, sztucznych tuneli, gdzie śni wciąż te same sny. I tak bez końca.

Większość moich podróży sprowadza się do chodzenia w kółko (i trzeba tu zaznaczyć, że są to niewielkich rozmiarów kółka) i kończenia w ślepych zaułkach. Mimo to nie przestaję i kiedy tak chodzę, zdarzają się momenty, gdy przypadkiem udaje mi się usłyszeć coś, co Louis MacNeice nazywa odgłosem wielkiej obecności. Codzienny harmonogram zajęć pozwala mi czasem na krótką przechadzkę po parku. Cieszę się, mogąc przejść się pieszo po okolicy, bo przy całej powtarzalności żadne dwa spacery nigdy nie są takie same. I nawet

kiedy po raz nie wiem już który przemierzam tak dobrze znaną mi ścieżkę, skały głęboko pod moimi stopami też poruszają się po swojej **spiralnej trajektorii**[290], ciągnięte przez Słońce po torze Drogi Mlecznej – galaktyki, która sama podąża wzdłuż jednego z najdalej wysuniętych ramion supergromady znanej jako Laniakea (jej nazwa wywodzi się z języka hawajskiego i oznacza „niezmierzone nieba"). I choć planeta krąży zgodnie z prawem grawitacji zawsze tak samo, roślinność, kolor i kąt padania światła, temperatura i atmosfera chwili obecnej w moim parku nieustannie się zmieniają. Od czasu do czasu, zwłaszcza w pogodne dni, dzieją się tu prawdziwe cuda.

Po drodze mijam topole. Są wysokie – mierzą dwadzieścia pięć metrów i więcej – a ich grube, pobrużdżone, chropowate pnie górują nad rzeką. Jednego wieczora zobaczyłem je w zupełnie nowej odsłonie. Był ciepły, spokojny i bardzo jasny dzień, gdzieś na początku lipca. Słońce wisiało wysoko na niebie znacznie dłużej, niż powinno, jakby zmierzch, a wraz z nim cały wielki cykl, którego jest częścią, uległ zawieszeniu. Delikatna bryza mierzwiła korony innych drzew – olch, wierzb, dębów, buków, jesionów – ale nie była wystarczająco silna, by wyrwać je ze **snu**[291]. Jednak podczas gdy wszystkie te drzewa, połyskując w promieniach letniego słońca, ani drgnęły, liście na gałęziach topoli trzęsły się, szeleściły i skrzyły przy najlżejszym podmuchu wiatru. Wydawały się żywe niczym zwierzęta, odbierając sygnały, których inne drzewa nie potrafiły zarejestrować, i wyrażając coś, co w innych warunkach na zawsze pozostałoby niewyrażone.

„Zachwyt światem i zdumienie nad nim – pisał Richard Jefferies – jest tu, nie gdzie indziej, teraz, nie kiedy indziej, zawsze w chwili obecnej". Innymi słowy, Jefferies wydaje się mówić, że doświadczanie cudu może odbywać się tylko w czasie teraźniejszym. Jednak moim zdaniem bliższa prawdy jest interpretacja, wedle której zdumienie poszerza granice świadomości, dzięki czemu zarówno chwilę obecną, jak i przeszłość oraz przyszłość przeżywamy w sposób bardziej bezpośredni i realny. W swoich *Wyznaniach* święty Augustyn stwierdza,

że czas jest niczym więcej jak tylko napięciem – prawdopodobnie napięciem samej świadomości. Jednak w zdumieniu odsłania się prawdziwe oblicze teraźniejszości, będące domeną percepcji, nie zaś samej rzeczywistości, podobnie jak w przypadku obrazu płaskiej Ziemi, który jest iluzją wynikającą z ograniczeń naszych zdolności poznawczych. Dla umysłu dostrojonego do odbierania cudów falowanie i skrzenie się liści topoli kilka razy na sekundę (dzieje się tak dlatego, że spłaszczone szypułki pozwalają liściom łopotać przy każdym, nawet najmniejszym podmuchu wiatru) jest odczuwane i postrzegane w odniesieniu do dłuższych i krótszych ram czasowych. Te dłuższe obejmują zarówno kilkusekundowe cykle ruchu innych drzew oraz świadomej myśli, jak i cykl dnia i nocy, rok czy stulecie. Co więcej, nawet czas wychodzący poza obręb istnienia poszczególnych okazów daje się uchwycić w puchu wypełnionym nasionami – potencjalnymi drzewami – który wirując, powoli opada na ziemię.

I kiedy tak się rozpycha w letnim powietrzu, jest niczym **pyłek Lukrecjusza**[292] przywodzący na myśl niewyobrażalnie wręcz krótkie skale czasowe. Proces fotosyntezy trwa nieustannie we wnętrzu tych liści, zaś wstępna separacja ładunku w centrum reakcji błony tylakoidalnej w chloroplastach (odpowiedzialnych za fotosyntezę) zachodzi w czasie wynoszącym mniej niż dziesięć bilionowych sekundy. Jedna bilionowa ma się do całej sekundy jak jedna sekunda do 31 688 lat. Tak więc z perspektywy tej skali liść topoli, którego trzepotanie ludzkiemu oku wydaje się szybkie i gwałtowne, praktycznie rzecz biorąc, jest nieruchomy. A jednak to właśnie na tej samej skali zachodzą procesy odpowiedzialne za tworzenie tych gargantuicznych, niezwykle trwałych drzew. Na ich widok można powiedzieć, co Maurice Merleau-Ponty stwierdził w związku z malarstwem Paula Cézanne'a: człowiek jest „zdolny do jednego tylko uczucia – uczucia obcości, jednego tylko liryzmu – liryzmu rozpoczynającej się wciąż na nowo egzystencji". Pilot i pisarz Antoine de Saint-Exupéry wykonał przymusowe lądowanie na jednej z gór stołowych Sahary, gdzie jego zachwyt wzbudziły

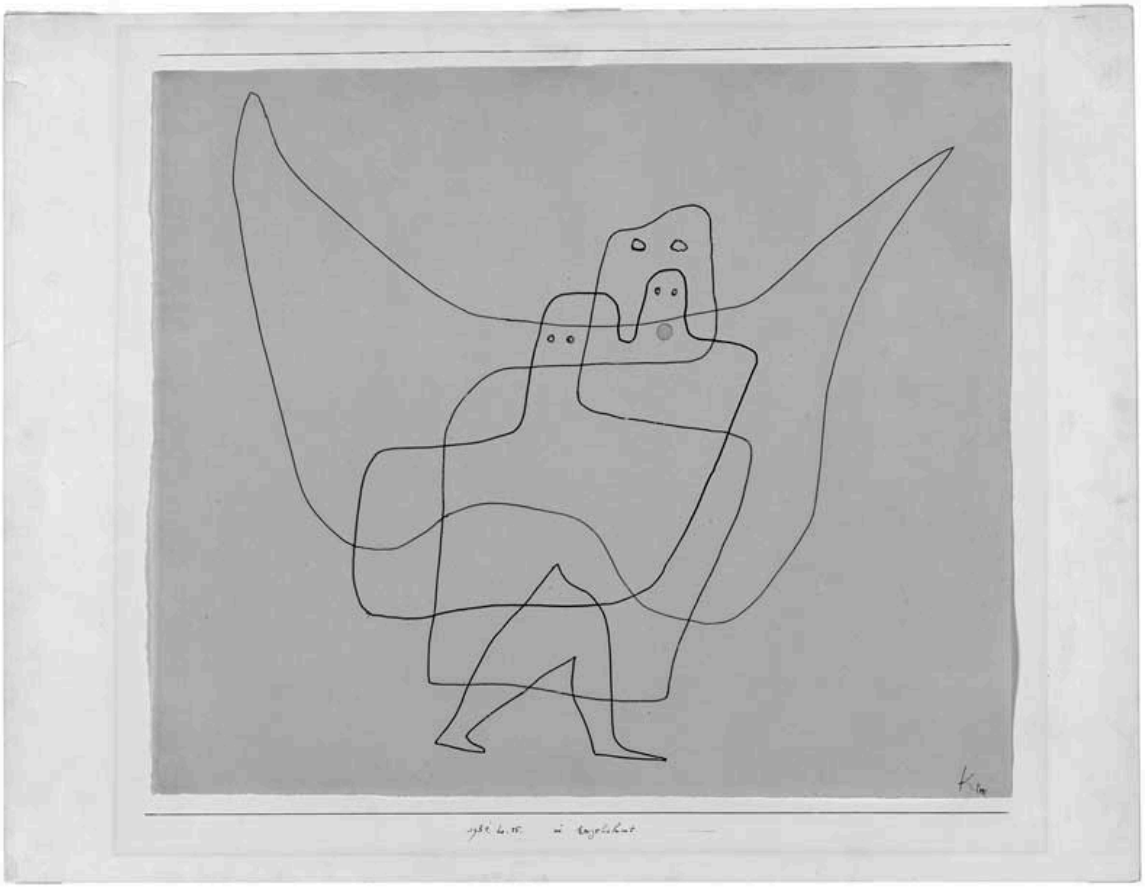
porozrzucane na tym terenie meteoryty – prawdopodobnie był pierwszym człowiekiem na Ziemi, który je zobaczył. „W przejmującym skrócie obserwowałem z wysokości mojego gwiazdomierza powolną ulewę ognia".

Jedno z wyjaśnień czasu wiąże się z entropią: emergentną cechą ogromnej liczby wibrujących atomów zachowujących się w sposób najbardziej prawdopodobny. Entropia wzrasta, a czas mija, kiedy w wyniku kolizji między atomami wyrównują się ich energie – kiedy na przykład ciepło z kubka kawy przechodzi na obrus i przenika do otaczającego je powietrza. Ten proces nosi nazwę **dyssypacji**[293] (rozpraszania energii) i w naszym wszechświecie zachodzi tylko w jednym kierunku: kierunku rosnącego chaosu. (To wyjaśnienie może rodzić pytanie: dlaczego wszechświat był bardziej uporządkowany w przeszłości? Cóż, tak po prostu już jest). Samo życie wprowadza chwilowy ład, gdzie indziej siejąc zamęt. Na przykład drzewo czerpie porządek ze strumienia fotonów płynących ze Słońca i wykorzystuje je do samostwarzania się, jednocześnie eksportując nieuporządkowanie do otoczenia. Z kolei umysł porządkuje świat, kiedy na przykład tworzy mapy przeszłości i przyszłości, które dają poczucie wykroczenia poza granice czasu, choć sam akt ich tworzenia przebiega w jego ramach.

Skrzące się liście topoli mogą być również postrzegane jako ilustracja fundamentalnej cechy genezy, konstrukcji i funkcjonowania wszechświata. Na najgłębszym poziomie, jaki udało nam się zbadać, pole kwantowe ma naturę falistą. Fizyk John Wheeler porównał jego fluktuacje do mikroruchów piany na powierzchni oceanu – są niedostrzegalne z okien samolotu, co jednak nie oznacza, że ich nie ma. Dźwięk i wibracja, jak sugeruje fizyk Stephon Alexander, także pojawiły się u zarania wszechświata, odgrywając w **tworzeniu materii**[294] równie kluczową rolę co światło. W rzeczy samej, kosmiczny początek mógł przypominać generatywną kompozycję muzyczną. Dźwięk ma również ogromne znaczenie w procesie regeneracji życia: wibracje znane jako zdelokalizowane, przypominające fotony koherentne

kompozycje zaliczają się do właściwości DNA, które dopiero zaczynamy odkrywać. Jak pokazują pionierskie badania Berniego Krause'a, specjalisty w dziedzinie ekologii akustycznej, zwrócenie się ku światu dźwięków żywego organizmu może nam pomóc odnaleźć to, co zostało utracone w wielkiej sieci życia na skutek degradacji siedlisk przyrodniczych i wymierania gatunków, a co za tym idzie, rozpocząć proces naprawy oraz współtworzenia bardziej inteligentnych, generatywnych i trwałych sieci.

Jaki jest tego wszystkiego sens? Jeśli naszym światem kieruje anioł, częściej podobny jest on do Anioła Historii, o którym pisał Walter Benjamin, spoglądającego na ludzką egzystencję wyłącznie przez pryzmat katastrofy, niźli do dürerowskiego anioła poszukującego piękna. Nie tkwimy jednak w pułapce, z której nie ma wyjścia, tego możemy być pewni. To, co historyk Yuval Noah Harari mówi o historii, można odnieść także do nauki, sztuki oraz działalności ludzi odważnych, życzliwych i dobrych. „Badamy historię nie po to, by odgadywać przyszłość, ale by poszerzać nasze horyzonty, uzmysławiać sobie, że panujący stan rzeczy nie jest ani naturalny, ani nieunikniony i że w konsekwencji mamy przed sobą znacznie więcej możliwości, niż sobie wyobrażamy". Benjaminowska wizja Anioła Historii, zainspirowana akwarelą Paula Klee *Angelus Novus* z 1920 roku, niekoniecznie musi być naszą jedyną opcją. Inny obraz Klee zatytułowany *In Engelshut* [Pod opieką anioła] ukazuje anioła stróża przyjmującego różne kształty. Mnie ta uchwycona w stanie przejściowym forma przywodzi na myśl przyjaznego, zabawnego ducha – jasnej strony naszej natury – symbolizującego różne **możliwości**[295] i perspektywy. I nie wszystkie z nich są pesymistyczne, niektóre wręcz napawają nadzieją.



Zdumienie, jak dowodzi filozofka Martha Nussbaum, ma w sobie potencjał emocji politycznej. Jeśli pozwolimy, by zajęło w naszym życiu istotne miejsce i damy mu objawić się w pełni spokoju i klarowności, będziemy w stanie poszerzyć granice doświadczenia chwili obecnej, lepiej zaczniemy radzić sobie z lękami i obawami i zejdziemy z drogi gniewu, kierując kroki w kierunku dalekowzrocznego racjonalizmu i wielkoduszności. W czasach, gdy życie publiczne zdominowały agresja i lęk, *askesis* – ćwiczenie – zdumienia jeszcze nigdy nie było tak ważne.

Żyjemy w cieniu śmierci i zapomnienia. Naszą rzeczywistością jest nieuchronna strata i nie ma przed tym ucieczki. Jest tylko odroczenie wyroku. Jednak uświadomienie sobie tego wcale nie jest tożsame z rozpaczą. Musimy po prostu kochać goręcej to, co **stracić mamy niebawem**[296], nieustannie śpiewając pieśń życia.

Podziękowania

Dziękuję mojej rodzinie. Dziękuję Philowi Bloomerowi i George'owi Monbiotowi, którzy nad kuflem piwa namówili mnie do napisania tej książki. Dziękuję mojemu agentowi Jamesowi Macdonaldowi Lockhartowi i mojej redaktorce Laurze Barber. Dziękuję wszystkim w wydawnictwach Granta i Chicago University Press, których praca umożliwiła powstanie tej pozycji.

Dziękuję Lucy Conway, Eddy'emu Scottowi i The Bothy Project. Dziękuję personelowi działu manuskryptów i rzadkich ksiąg w Bibliotece Bodlejańskiej. Dziękuję pracownikom biblioteki Christ Church College za możliwość obejrzenia zbioru książek Richarda Burtona.

Dziękuję Society of Authors za grant przyznany mi podczas pracy, który stanowił dla mnie nieocenioną pomoc. Dziękuję wszystkim, którzy większymi i mniejszymi gestami okazali wsparcie *Nowej mapie cudów*. Byli wśród nich Meg Berlin, Robert Butler, Ian Christie, Sheila Dillon, Chris Goodall, David Hough, Roman Krznaric, Sarah Laird, Pedro Moura Costa, Kate Raworth, Paul Stiga i Marina Warner.

Na wyrazy wdzięczności zasługują także: Peter Abrahams, Rebecca Abrams, Caspar Addyman, Phil Agland, Mark Anthony, Sonia Antoranz Contera, Anthony Barnett, Richard Berry, Matthew Bevis, James Bradley, Mark Brickman, Harvey Brown, Jorge Cabadas, Thomas Cabot, Susan Canney, Jo Cartmell, Barbara Casadei, Melanie Challenger, Nic Compton, Nick Cope, Tan Copsey, Jon Corbett, Julian Cottee, Miriam Darling, Sally Davies, Ken Dixon, Athene Donald, Danny Dorling, Steve Drummond, Jules Evans, Martyn Evans, Nick Forrester, Charles Foster,

Gavin Francis, Darwin Franks, Marshall Ganz, Sam Geall, Ed Gillespie, Tom Goreau, Loren Griffith, Sam Guglani, Jon Halperin, Thomas Harding, Tim Harford, Roger Harrabin, Dennis Harrison, Ben Hennig, Judith Herrin, Steve Hicks, Laurence Hill, Isabel Hilton, Roland Hodson, Richard Holloway, Sara Holloway, Finn Jackson, Paul Kingsnorth, Justine Kolata, Charlie Kronick, Sally Lane, Antonia Layard, Rosemary Lee, John Letts, Mark Lynas, Richard Mabey, Robert Macfarlane, Richard Madden, Lambros Malafouris, Alberto Manguel, Pippa Marland, Harry Marshall, Maury Martin, Alastair McIntosh, Susan Miller, Fran Monks, Hugh Osborn, Maria Padget, John Parham, Stuart Paterson, Jan Pedersen, Ben Pope, Max Porter, Matt Prescott, Philip Pullman, David Pyle, Karthik Ramanna, Adam Ramsay, Andrew Ray, Philip Read i Man Choir, Adam Ritchie, Callum Roberts, Nick Robins, Oliver Robinson, Yazaan Romahi, Mike Rossi, Jonathan Rowson, Noemi Roy, Caleb Scharf, Louis Schwizgebel, Michael Segal, Natalie Shaw, John Shea, Iain Sinclair, Joe Smith, Amia Srinivasan, Veronica Strang, John Sutherland, Balázs Szendröi, Hanne Thoen, Sam Thompson, Alison Tickell, Oliver Tickell, Peter Trawny, Maya Tudor, Dominick Tyler, Renata Tyszczuk, Fran van Dijk, Zool Verjee, Tilman Vogt, John Walker, Martin Ward, Hugh Warwick, Christopher Whalen, Ben Wilmore, Alan Winfield, Chris Wood, Andrea Wulf i Xiao Xiao Zhu.

Aún aprendo

Bibliografia

MOTTO

Carroll Lewis, *Wyprawa na żmirłacza*, przeł. Robert Stiller, Gdańsk 1982

WSTĘP

Arystoteles, *Metafizyka*, przeł. Kazimierz Leśniak, Warszawa 2009

Bayne Tim i in., *The Oxford Companion to Consciousness*, Oxford UP, 2014

Beckert Sven, *Empire of Cotton: A Global History*, Vintage, 2014

Berger John, *The Chauvet Cave Paintings* [w:] *Portraits*, Verso, 2015

Bevis Matthew, *The Funny Thing about Trees*, „Raritan", 34(3), zima 2015

Bishop Elizabeth, *Łoś*, przeł. Stanisław Barańczak [w:] *444 wiersze poetów języka angielskiego XX wieku*, Kraków 2017

Borchert Till Holger, *The Book of Miracles*, Taschen, 2013

Borges Jorge Luis, *Księga piasku*, przeł. Zofia Chądzyńska, Warszawa 1998

Burke Edmund, *A Philosophical Enquiry into the Origin of Our Ideas of the Sublime and Beautiful* (1756), www.bartleby.com/24/2

Burton Robert, *Anatomia melancholii*, przeł. Tadeusz Sławek, „Literatura na Świecie" 3/1995

Camus Albert, *Człowiek zbuntowany*, przeł. Joanna Guze, Warszawa 1998

de Las Casas Bartolomé, *A Short Account of the Destruction of the Indies* (1542), Penguin Classics, 1992

Deutsch David, tweet do autora

de Waal Frans, *Bystre zwierzę. Czy jesteśmy dość mądrzy, aby zrozumieć mądrość zwierząt?*, przeł. Łukasz Lamża, Kraków 2016

Dillard Annie, *The Writing Life*, Harper Perennial, 1989

Donne John, *An Anatomy of the World* (1611) [w:] *The Complete English Poems*, Everyman, 1991

Dostojewski Fiodor, *Notatki z podziemia*, przeł. Gabriel Karski, Warszawa 1992

Du Sautoy Marcus, *What We Cannot Know*, Fourth Estate, 2016

Emerson Ralph Waldo, *The Poet* i *Experience* [w:] *Essays: Second Series* (1844); przedruk: *The Essential Writings*, Random House, 2000

Evans Herbert M., *Wonder and the Clinical Encounter*, „Theoretical Medicine and Bioethics", 33(2), 2012

Fisher Philip, *Wonder, the Rainbow, and the Aesthetics of Rare Experiences*, Harvard University Press, 1999

Freud Sigmund, *Żałoba i melancholia*, przeł. Robert Reszke [w:] *Psychologia nieświadomości*, Warszawa 2009

Goodall Jane, *Waterfall displays*, Jane Goodall Institute, 6 stycznia 2011, www.youtube.com/watch?v=jjQCZClpaaY

Greenblatt Stephen, *Marvellous Possessions: The Wonder of the New World*, Clarendon Press, Oxford 1988

Harari Yuval Noah, *Sapiens. Od zwierząt do bogów*, przeł. Justyn Hunia, Kraków 2018

Hartle James B., *Why is Our Universe Comprehensible?*, 2016, arxiv.org/abs/1612.01952

Heidegger Martin, *The Question Concerning Technology* (1954), Harper Perennial, 2013

Heisenberg Werner Carl, *Fizyka a filozofia*, przeł. Stefan Amsterdamski, Warszawa 1965

Herzog Werner, Cronin Paul, *Werner Herzog: A Guide for the Perplexed*, Faber & Faber, 2014

Hinton David (red.), *Classical Chinese Poetry: An Anthology*, Farrar Straus and Giroux, 2008

Hölderlin Friedrich, *Menon's Lament for Diotima* (1800) [w:] *Poems & Fragments*, Cambridge University Press, 1980

Holmes Richard, *Wiek cudów. Jak odkrywano piękno i grozę nauki*, przeł. Ewa Morycińska-Dzius, Warszawa 2010

Hume David, *O cudzie* [w:] *Badania dotyczące rozumu ludzkiego*, przeł. Dawid Misztal, Tomasz Sieczkowski, Kraków 2005

Ingold Tim, *Rethinking the Animate, Re-Animating Thought*, „Ethnos", 71:1, 2006

Johnson Samuel, *The History of Rasselas, Prince of Abissinia* (1759), Penguin Classics, 2007

Johnson Steven, *Wonderland: How Play Made the Modern World*, Riverhead Books, 2016

Kafka Franz, *Przemiana*, przeł. Juliusz Kydryński, Warszawa 1975

Kant Immanuel, *Krytyka praktycznego rozumu*, przeł. Jerzy Gałecki, Warszawa 2004

Kartezjusz, *Namiętności duszy*, przeł. Ludwik Chmaj, Kęty 2000

Ko Un, *Sunlight* i *The Snow Path*, www.poemhunter.com/ko-un/poems

Kurtág György, *Ziel, Weg, Zögern* (1985–1986) (fragment kompozycji muzycznej) [w:] *Kafka-Fragmente*, Op. 24, Hungaraton, 2005

Lewis Michael, *Umysł nieracjonalny*, przeł. Justyna Kukian, Katowice 2018

Méliès Georges, *Podróż do krainy niemożliwości*, Star Film Company, 1904

Merwin W.S., *On Reading What You Want, Reading it Slowly, and the Beauty of Trees*, 2017, lithub.com/w-s-merwin-on-reading-what-you-want-reading-it-slowly-andthe-beauty-of-trees

Mishra Pankaj, *How to Think about Islamic State*, „Guardian", 24 lipca 2015

Mishra Pankaj, *The Age of Anger: A History of the Present*, Farrar, Straus and Giroux, 2017

Moore Alan, *Jerusalem*, Knockabout, 2016

Panofsky Erwin, *The Life and Art of Albrecht Dürer* (1943), Princeton University Press, 2005

Parfit Derek, *Why Anything? Why This?*, „London Review of Books", 22 stycznia 1998, www.lrb.co.uk/v20/n02/derek-parfit/why-anything-why-this

Park Katherine, Daston Lorraine, *Wonders and the Order of Nature: 1150–1750*, MIT Press, 1998

Paul-Choudhury Sumit, *Ice-Age Art Hints at Birth of Modern Mind*, „New Scientist", 13 lutego 2013, www.newscientist.com/article/mg21729042-300-ice-age-art-hints-at-birth-of-modern-mind

Phillips Adam, *The Art of Non-Fiction*, „Paris Review", wiosna 2014

Reich Steve, *Proverb*, Nonesuch Records, 1996

Rovelli Carlo, *Siedem krótkich lekcji fizyki*, przeł. Urszula Buczkowska-Marchetti, Warszawa 2017

Rubenstein Mary-Jane, *Strange Wonder: The Close of Metaphysics and the Opening of Awe*, Columbia University Press, 2008

Rubenstein, Mary-Jane, *Heidegger's Cave: On Dwelling in Wonder* [w:] Vasalon Sophie (red.), *Practices of Wonder: Cross-Disciplinary Perspectives*, 2012

Rutledge Rob B., *A Computational and Neural Model of Momentary Subjective Well-Being*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 111(33), 2014

Savage-Smith Emilie i in., *Medieval Views of the Cosmos: Mapping Earth and Sky at the Time of the Book of Curiosities*, Bodleian Library, University of Oxford, 2004

Schulz Bruno, *Traktat o manekinach* [w:] *Sklepy cynamonowe*, Kraków 1973

Sebald W.G., *Die Beschreibung des Unglücks*, Residenz Verlag, 1985

Sebald W.G., *Pierścienie Saturna*, przeł. Małgorzata Łukasiewicz, Warszawa 2009

Shelley Percy, *A Defence of Poetry* (1821), www.bartleby.com/27/23.html

Smolin Lee, *Time Reborn*, Houghton Mifflin Harcourt, 2013

Solomon Sheldon, *On Fear of Death*, 22 sierpnia 2015, fivebooks.com/best-books/sheldon-solomon-on-fear-of-death

Steppenbeck D. i in., *Evidence for a New Nuclear "Magic Number" from the Level Structure of 54Ca*, „Nature" 502, 2013

Tegmark Max, *Our Mathematical Universe*, Penguin Random House, 2014

Thomas Lewis, *Seven Wonders* [w:] *Late Night Thoughts on Listening to Mahler's Ninth Symphony*, Viking Press, 1983

Thoreau Henry David, *Sztuka chodzenia*, przeł. Piotr Madej, Lidzbark Warmiński 2000

Thurber James, *Trzynaście zegarów*, przeł. Andrzej Grabowski, Warszawa 1991

Uexküll Jakob von, *A Stroll through the Worlds of Animals and Men: A Picture Book of Invisible Worlds* (1934), isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic514568.files/StrollThroughTheWorlds.pdf

Walker James W.P., Clinnick David T.G., Pedersen Jan B.W., *Profiled hands in Palaeolithic art: the first universally recognized symbol of the human form*, „World Art", 24 listopada 2016

Weitzel Hans, *A Further Hypothesis on the Polyhedron of A. Durer's Engraving Melencolia I*, „Historia Mathematica", 31(1), 2004

Wigner Eugene, *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences*, „Communications in Pure and Applied Mathematics", 13(1), 1960

Wilczek Frank, *Piękne pytanie. Odkrywanie głębokiej natury świata*, przeł. Bogumił Bieniok, Ewa Łokas, Warszawa 2016

Wootton David, *The Invention of Science: A New History of the Scientific Revolution*, Penguin 2015

Worth Robert F., *In the Attic of Early Islam*, „NYRB Daily", 24 sierpnia 2016, www.nybooks.com/daily/2016/08/24/in-the-attic-of-early-islam-shihab-al-din-al-nuwayri

ROZDZIAŁ 1

Ackermann M. i in., *Measurement of the High-Energy Gamma-Ray Emission from the Moon with the Fermi Large Area Telescope*, 2016, arxiv.org/abs/1604.03349

Adams John Luther, *Become Ocean* (utwór muzyczny), Ludvic Morlot & Seattle Symphony Orchestra, Cantaloupe, 2014

Adams John Luther, *Canticles of the Sky: Sky with Four Suns*, Northwestern University Cello Ensemble, Cold Blue, 2015

Al-Khalili Jim, *Top Five Weird Physics Facts*, www.jimal-khalili.com

Berman Bob, *The Sun's Heartbeat: And Other Stories from the Life of the Star That Powers Our Planet*, Little, Brown and Company, 2011

Boyer Carl B., *The Rainbow: From Myth to Mathematics*, Princeton University Press, 1987

Britten Benjamin, 1937, list do Henry'ego Boysa [w:] Reed Philip (red.), *On Mahler and Britten*, Boydell & Brewer, 1998

Buson, *The Short Night...* [w:] *The Essential Haiku: Versions of Basho, Buson, & Issa*, Ecco Press, 2012

Castelvecchi Davide, *Hawking's Latest Black-Hole Paper Splits Physicists*, „Nature", 27 stycznia 2016, www.scientificamerican.com/article/hawking-s-latest-blackhole-paper-splits-physicists

Castelvecchi Davide, *How to Hunt for a Black Hole with a Telescope the Size of Earth*, „Nature", 22 marca 2017, www.nature.com/news/how-to-hunt-for-a-black-hole-witha-telescope-the-size-of-earth-1.21693

Castelvecchi Davide, *Imaging and Imagining Black Holes*, „Nature", 28 marca 2017, www.nature.com/news/how-to-hunt-for-a-black-hole-with-a-telescope-the-size-of-earth-1.21693

Chirimuuta Mazvita, *The Reality of Color Is Perception*, „Nautilus", 23 lipca 2015, nautil.us/issue/26/color/the-reality-of-color-is-perception

Cowen Ron, *Simulations Back Up Theory that Universe Is a Hologram*, „Nature", 10 grudnia 2013, www.nature.com/news/simulations-back-up-theory-that-universe-is-a-hologram-1.14328

Cowen Ron, *Quantum Bounce Could Make Black Holes Explode*, „Nature", 17 lipca 2014, www.nature.com/news/quantum-bounce-could-make-black-holes-explode-1.15573

Daston Lorraine, *How to Make a Greek God Smile*, „London Review of Books", 10 czerwca 1999, www.lrb.co.uk/v21/n12/lorraine-daston/how-to-make-a-greek-god-smile

Dickens Charles, *Klub Pickwicka*, przeł. Włodzimierz Górski, Kraków 2005

Dillard Annie, *Total Eclipse* [w:] *Teaching a Stone to Talk*, Harper and Row, 1982

DiMeo Nate, *The Glowing Orbs*, „The Memory Palace" (podcast), odcinek 61, 7 czerwca 2014, thememorypalace.us/2014/06/the-glowing-orbs

Donne John, *Dzień dobry* [w:] *Antologia angielskiej poezji metafizycznej XVII stulecia*, przeł. Stanisław Barańczak, Kraków 2009

Eno Brian, *Lux*, Warp, 2012

Feynman Richard, *How Mirrors Turn You Inside Out* [w:] *Fun to Imagine*, BBC Television, 1983, www.bbc.co.uk/archive/feynman/10703.shtml

Feynman, Richard, *QED. Osobliwa teoria światła i materii*, przeł. Helena Białkowska, Warszawa 2002

Gleick James, *Isaac Newton*, Harper Perennial, 2003

Goethe Johann Wolfgang von, *Theory of Colours* (1810), theoryofcolor.org

Green Lucie, *15 Million Degrees: A Journey to the Centre of Our Sun*, Penguin, 2016

Händel Georg Friedrich, aria *Wieczne źródło światła boskiego* [w:] *Oda na urodziny królowej Anny* (1713) (HWV 74)

Hawking Stephen, *Krótka historia czasu*, przeł. Piotr Amsterdamski, Poznań 2008

Jefferies Richard, *Thoughts at Dawn* [brak daty], richardjefferies.wordpress.com/2015/10/26/thoughts-at-dawn

Kant Immanuel, *General History of Nature and Theory of the Heavens* [w:] *Kant: Natural Science*, Cambridge University Press, 2012

Koberlin Brian, *How the Universe Made the Stuff That Made Us*, „Nautilus", nautil.us/blog/how-the-universe-made-the-stuff-that-made-us

Krauss Lawrence M., *What Neutrinos Reveal*, „New Yorker", 8 października 2015

Kurtág György, *Play with Infinity* (1973) (utwór muzyczny) [w:] *Játékok*, duet pianistyczny Bugallo–William (wykonanie), Wergo, 2015

Kurtág György, *Stele* (1994), Op. 33, Claudio Abbado, Berliner Philharmoniker, Deutsche Grammophon, 1996

Larkin Philip, *Woda*, przeł. Jacek Dehnel [w:] *Zebrane*, Wrocław 2008

Leach Amy, *Things That Are: Encounters with Plants, Stars and Animals*, Canongate Books 2013

Ligeti György, etiuda nr 5, *Arc-en-Ciel* (1985), *Piano Etudes Book 1* [w:] *Jeremy Denk Plays Ligeti/Beethoven*, Nonesuch, 2012

Lightman Alan, *The Accidental Universe: The World You Thought You Knew*, Corsair, 2014

Mahler Gustav, *Das Lied von der Erde* (1909), Otto Klemperer, Christa Ludwig, Fritz Wunderlich (wykonanie), EMI Classics, 1964–1966

Merali Zeeya, *Did a Hyper-Black Hole Spawn the Universe?*, „Nature", 13 września 2013, www.nature.com/news/did-a-hyper-black-hole-spawn-the-universe-1.13743

Miłosz Czesław, *Późna dojrzałość* [w:] *Druga przestrzeń*, Kraków 2002

NASA Goddard, *Fiery Looping Rain on the Sun*, 2013, www.youtube.com/watch?v=HFT7ATLQQx8

NASA Jet Propulsion Laboratory, *Juno's Approach to Jupiter*, 4 lipca 2016, www.youtube.com/watch?v=kjfQCTat-8s

NASA Solar Dynamics Observatory, *Thermonuclear Art – The Sun in Ultra-HD*, 2015, www.nasa.gov/mission_pages/sdo/videos/index.html

NASA Solar Dynamics Observatory, *Year 5*, 2015, www.nasa.gov/content/goddard/videos-highlight-sdos-fifth-anniversary

Newton Isaac, *The Analogy of Nature*, list do pana Oldenburgha [za:] Jennings Humphrey, *Pandaemonium 1660–1886: The Coming of the Machine Age as Seen by Contemporary Observers*, Icon Books 2012

Newton, Isaac, *Opticks: Or, A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light* [za:] Manzotti Riccardo, *The Color of Consciousness*, „New York Review of Books", 8 grudnia 2016, www.nybooks.com/daily/2016/12/08/color-ofconsciousness [cytat przełożony przez Stefana Pieńkowskiego w artykule *Zjawiska materializacji i dematerializacji* w „Przeglądzie Elektrotechnicznym", z. 23, grudzień 1937]

Noe Alva, *In Search of a Science of Consciousness*, 30 grudnia 2014, www.npr.org/blogs/13.7/2014/12/30/373952810/in-search-of-a-science-of-consciousness

Owen Wilfred, *Futility* (1918), www.poetryfoundation.org/poems-and-poets/poems/detail/57283

Palczewska Grazyna i in., *Human Infrared Vision Is Triggered by Two-Photon Chromophore Isomerization*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 111(50), 2014

Perkowitz Sidney, *Empire of Light*, Henry Joseph Press, 1998

Perkowitz Sidney, *Slow Light*, ICP, 2011

Pullman Philip, *William Blake and Me*, „Guardian", 28 listopada 2014, www.theguardian.com/books/2014/nov/28/philip-pullman-william-blake-and-me

Reed Alexander Wyclif, *Aboriginal Myths and Legends*, Reed Books, 1982

Ross Alex, *Water Music*, „New Yorker", 8 lipca 2013, www.newyorker.com/magazine/2013/07/08/water-music-3

Rovelli Carlo, *Rzeczywistość nie jest tym, czym się wydaje*, przeł. Michał Czerny, Łódź 2017

Scharf Caleb, *Silniki grawitacji. Jak czarne dziury rządzą galaktykami i gwiazdami*, przeł. Mariusz Seweryński, Warszawa 2014

Scharf Caleb, *Kompleks Kopernika. Kosmiczny sens naszego istnienia we wszechświecie planet i prawdopodobieństw*, przeł. Urszula Seweryńska, Mariusz Seweryński, Warszawa 2016

Solnit Rebecca, *A Field Guide to Getting Lost*, Penguin, 2005

Sommer Andrei P. i in., *Light Effect on Water Viscosity: Implication for ATP Biosynthesis*, „Scientific Reports" 5, artykuł nr 12029, 2015

Strang Veronica, *Wonderful Light: Affect and Transformation in Engagements with Light and Water*, artykuł zaprezentowany podczas konferencji ASA Decennial Conference, 19–22 czerwca 2014 w Edynburgu

Tabakova Dobrinka, *Einstein Considers Light as Waves, and Light as Quanta*, Opus Anglicanum (wykonanie), 2014, www.opusanglicanum.com

They Might Be Giants, Why Does the Sun Shine? (The Sun is a Mass of Incandescent Gas), Elektra, 1993

They Might Be Giants, Why Does the Sun Really Shine? (The Sun is a Miasma of Incandescent Plasma), Disney Sound/Idlewild, 2009

Thoen Hanne H. i in, *A Different Form of Color Vision in Mantis Shrimp*, „Science", 24 stycznia 2014

Thomas Edward, *Lights Out* (1917), www.poetryfoundation.org/poems-and-poets/poems/detail/57199

Thoreau Henry David, *Sztuka chodzenia*, dz. cyt.

Tinsley Jonathan N. i in., *Direct Detection of a Single Photon by Humans*, „Nature Communications" 7, artykuł nr 12172, 2016

Tuan Yi-fu, *The Hydrologic Cycle and the Wisdom of God: A Theme in Geoteleology*, University of Toronto Press, 1968

Van Helden Albert i in., *Galileo's Sunspot Drawings*, The Galileo Project, Rice University 1995

Wald George, *The Molecular Basis of Visual Excitation*, „Nature", 219(5156), 1968

Walser Robert, *Remember This* (1914), „New York Review of Books", 1 września 2016

Wang Wei, *Deer Fence* [w:] Weinberger Eliot, *19 Ways of Looking at Wang Wei (With More Ways)*, New Directions, 2016

Wheeler John Archibald, *Hermann Weyl and the Unity of Knowledge*, „American Scientist", 74(4), lipiec–sierpień 1986

Whitman Walt, *Źdźbła trawy*, przekład zbiorowy, Warszawa 1966

Young Thomas, *Bakerian Lecture: Experiments and Calculations Relative to Physical Optics*, „Philosophical Transactions of the Royal Society", 1804

ROZDZIAŁ 2

Ajschylos, *Prometeusz skowany*, przeł. Jan Kasprowicz, Warszawa 1924

Ball Philip, *Nature's Patterns: A Tapestry in Three Parts*, Oxford University Press, 2009

Ball Philip, *The Computational Foundation of Life: How Life (and Death) Spring from Disorder*, „Quanta Magazine", 26 stycznia 2017, www.quantamagazine.org/20170126-information-theory-and-the-foundation-of-life

Bell Elizabeth A. i in., *Potentially Biogenic Carbon Preserved in a 4.1 Billion-Year-Old Zircon*, „Proceedings of the National Academies of Science", 112(47), 2015

Berry Drew, *Animations of Unseeable Biology*, wykład wygłoszony na TEDx Sydney, www.ted.com/talks/drew_berry_animations_of_unseeable_biology

Bianconi Eva i in., *An Estimation of the Number of Cells in the Human Body*, „Annals of Human Biology", 40(6); 2013

Bradford Charles M. i in., *The Water Vapor Spectrum of APM 08279+5255*, „The Astrophysical Journal Letters", 741(2); 2011

Browne Thomas, *Hydrotaphia, Or Urn-Buriall* (1658), NYRB Classics, 2012

Chown Marcus, *What a Wonderful World*, Faber & Faber, 2013

Coleridge Samuel Taylor, *Biographia Literaria* [za:] Holmes Richard, *A Meander through Memory and Forgetting* [w:] *Memory: An Anthology*, Chatto & Windus, 2008

Cope Nick, *It Rains the Same Old Rain* [w:] tegoż, *My Socks*, Nick Cope Music, 2011

Deamer David W., *First Life: Discovering the Connections between Stars, Cells, and How Life Began*, University of California Press, 2011

Engel Gregory S. i in., *Evidence for Wavelike Energy Transfer through Quantum Coherence in Photosynthetic Systems*, „Nature", 12 kwietnia 2007, www.nature.com/articles/nature05678

European Southern Observatory, *Revolutionary ALMA Image Reveals Planetary Genesis* (eso1436), 6 listopada 2014, www.eso.org/public/unitedkingdom/news/eso1436

Evelyn John, treść pamiętnika (13 grudnia 1685) [za:] Jennings Humphrey, *Pandaemonium 1660–1886: The Coming of the Machine Age as Seen by Contemporary Observers*, dz. cyt.

Futera Zdenek i in., *Formation and Properties of Water from Quartz and Hydrogen at High Pressure and Temperature*, „Earth and Planetary Science Letters", 461, 2017

Gershenfeld Neil, *Digital Reality*, „Edge", 23 stycznia 2015, edge.org/conversation/neil_gershenfeld-digital-reality

Goldblatt C. i in, *The Eons of Chaos and Hades*, „Solid Earth", 1, 1–3, 2010 ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100036717.pdf

Goodsell David S., *The Machinery of Life*, Springer, 2009

Hazen Robert, *Genesis: The Scientific Quest for Life's Origins*, Joseph Henry Press, 2005

Hazen Robert, *Historia Ziemi. Od gwiezdnego pyłu do żyjącej planety*, przeł. Zofia Łomnicka, Warszawa 2014

Herzog Werner, Oppenheimer Clive, *Inferno*, Matter of Fact Media i in., 2016

Hoffman Peter, *Life's Ratchet: How Molecular Machines Extract Order from Chaos*, Basic Books 2012

Hooke Robert, *Micrographia* (1665), gutenberg.org

Hunter Waite J. i in., *Cassini finds molecular hydrogen in the Enceladus plume: Evidence for hydrothermal processes*, „Science", 14 kwietnia 2017, science.sciencemag.org/content/356/6334/155

Jacobson Heather i in., *The Chemical Evolution of Phosphorus*, „The Astrophysical Journal Letters", 796(2), 2014

James William, *The Principles of Psychology* (1890), rozdział IX: *The Stream of Thought*, Dover Publications, 2000

Jamie Kathleen, *Wind* [w:] *Sightlines*, Sort of Books, 2012

Jansson Tove, *Kometa w Dolinie Muminków*, przeł. Teresa Chłapowska, Warszawa 1977

Jegla Timothy i in., *Major Diversification of Voltage-gated K+ Channels Occurred in Ancestral Parahoxozoans*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 112(9), 2015

Kassin Susan i in., *The Epoch of Disk Settling: z ~ 1 to Now*, „The Astrophysical Journal", 758(2), 2012

Kauffman Stuart, *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, 1997

Kircher Athanasius, *Mundus subterraneus* (1665), zbiory specjalne Biblioteki Bodlejańskiej

Lane Nick, *Największe wynalazki ewolucji*, przeł. Anna Wawrzyńska, Warszawa 2012

Lane Nick, *Pytanie o życie. Energia, ewolucja i pochodzenie życia*, przeł. Adam Tuz, Warszawa 2016

Laozi, *Tao Te Ching*, przeł. Wojciech P.P. Zieliński, Poznań 2008

Lorenz Ralph D., Zimbelman James R., *Dune Worlds: How Windblown Sand Shapes Planetary Landscapes*, Springer Praxis Books 2014

Mallick Terrence, *Voyage of Time*, Broad Green Pictures, IMAX Corporation, 2016

Marlaire Ruth, *NASA Ames Reproduces the Building Blocks of Life in Laboratory*, 3 marca 2015, www.nasa.gov/content/nasa-ames-reproduces-the-building-blocksof-life-in-laboratory

Medical Research Council, MRC Mitochondrial Biology Unit, *Molecular Animations of ATP Synthase*, www.mrc-mbu.cam.ac.uk/projects/2248/molecular-animations-atp-synthase

Ménard Phia, Compagnie Non Nova, *L'après-midi d'un foehn*, 2011, www.cienonnova.com

Monbiot George, *Feral*, Allen Lane, 2013

Noji H. i in., *Direct Observation of the Rotation of F1-ATPase*, „Nature", 20 marca 1997, www.nature.com/articles/386299a0

Petrov Anton S. i in., *Evolution of the Ribosome at Atomic Resolution*, „Proceedings of the National Academies of Science", 111(28), 2014. Zob. także: *The Origin and Evolution of the Ribosome* na YouTubie

Plait Phil, *Are Humans Brighter Than the Sun?*, „Discover Magazine", 30 grudnia 2009, blogs.discovermagazine.com/badastronomy/2009/12/30/are-humans-brighter-then-the-sun/#.WS2RgLA2yNo

Plantlife, *Welsh Woodland as Vulnerable as Tropical Rainforest?* (komunikat prasowy), 28 maja 2015

Poe Edgar Allan, *W bezdni Maelströmu* [w:] *Opowiadania*, t. 1, przeł. Stanisław Wyrzykowski, Warszawa 1989

Porchia Antonio, *Voices* (1943), Copper Canyon Press, 2003

Preston Dyches, *Experiments Show Titan Lakes May Fizz with Nitrogen*, 15 marca 2017, www.nasa.gov/feature/jpl/experiments-show-titan-lakes-may-fizz-with-nitrogen

Ralser Markus i in., *Sulfate Radicals Enable a Non-Enzymatic Krebs Cycle Precursor*, „Nature Ecology & Evolution" 1, 13 marca 2017

Ramm Benjamin, *Birobidzhan – The Worst Good Idea Ever?*, 16 grudnia 2016, www.opendemocracy.net/od-russia/benjamin-ramm/birobidzhan-worst-good-idea-ever

Rovelli Carlo, *Rzeczywistość nie jest tym, czym się wydaje*, dz. cyt.

Russell Michael J. i in.,*The Inevitable Journey to Being*, „Philosophical Transactions of the Royal Society B", 10 czerwca 2013

Sacks Oliver, *Rzeka świadomości*, przeł. Jerzy Łoziński, Poznań 2018

Schuergers Nils i in., *Cyanobacteria Use Micro-Optics to Sense Light Direction*, „eLife", 9 lutego 2016, elifesciences.org/articles/12620

Seymour Jamie E., *Do Box Jellyfish Sleep at Night?*, „Medical Journal of Australia", 181(11/12), 2004

Shepherd Nan, *The Living Mountain* (1977), Canongate, 2011

Sutherland John D. i in., *Synthesis of Activated Pyrimidine Ribonucleotides in Prebiotically Plausible Conditions*, „Nature", 459, 14 maja 2009, www.nature.com/articles/nature08013

Sutherland John D. i in., *Common Origins of RNA, Protein and Lipid Precursors in a Cyanosulfidic Protometabolism*, „Nature Chemistry" 2015, nr 7

Wade David, *Li: Dynamic Form in Nature*, Wooden Books, 2007

Walker John E. i in., *Structure at 2.8 A Resolution of F1-ATPase from Bovine Heart Mitochondria*, „Nature" 370, 25 sierpnia 1994

Welland Michael, *Sand: A Journey through Science and the Imagination*, Oxford University Press, 2009

Whitehouse David, *Journey to the Centre of the Earth*, Weidenfeld & Nicolson, 2015

Witze Alexandra, *Giant Tsunamis Washed Over Ancient Mars*, „Scientic American", 19 maja 2016, www.scientificamerican.com/article/giant-tsunamis-washed-over-ancient-mars

XVIVO Scientific Animation for BioVisions at Harvard University, *The Inner Life of a Cell*, www.xvivo.net/animation/the-inner-life-of-the-cell

Yasuda R. i in., *Resolution of Distinct Rotational Substeps by Submillisecond Kinetic Analysis of F1-ATPase*, „Nature" 410, 2001

Young Edward D. i in., *Oxygen Isotopic Evidence for Vigorous Mixing during the Moon-Forming Giant Impact*, „Science", 351(6272), 2016

ROZDZIAŁ 3

Adler Jerry, *Why the Leatherback Turtle Has a Skylight in Its Head*, „Smithsonian Magazine", styczeń 2015

Anversa Piero, *Life and Death of Cardiac Stem Cells: A Paradigm Shift in Cardiac Biology*, „Circulation", 133(11), 2006

Bear, I.J., Thomas R.G., *Nature of Argillaceous Odour*, „Nature", 201, 1964

Berger John, *About Song and Laughter, Sunday Feature*, BBC Radio 3, maj 2015

Berger John, *Confabulations*, Penguin, 2016

Bird Geoffrey i in., *From Heart to Mind: Linking Interoception, Emotion, and Theory of Mind*, „Cortex", 2 maja 2017

Boon Brigitte, *Leonardo da Vinci on Atherosclerosis and the Function of the Sinuses of Valsalva*, „Netherlands Heart Journal", 17(12), 2009

British Heart Foundation and Resuscitation Council UK, *Consensus Paper on Out of Hospital Cardiac Arrests*, 2014, www.bhf.org.uk/~/media/files/publications/ohca-consensus-paper.pdf

Byrne David i in., *Once in a Lifetime* [w:] *Remain in Light*, Talking Heads, Sire, 1980

Cage John, *4'33"*, Edition Peters 6777, 1952

Clayton Martin, Philo Ron, *Leonardo da Vinci – Anatom*, przeł. Olga Mysłowska, Aleksandra Szkudłapska, Warszawa 2017

Costandi Mo, *The Man Who Grew Eyes*, „Guardian", 26 sierpnia 2014, www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2014/aug/26/the-man-who-grew-eyes

Davies Jamie A., *Life Unfolding: How the Human Body Creates Itself*, Oxford University Press, 2014

Deakin Roger, *Fragments*, „Granta", 133, jesień 2015

Eggers Dave, *Krąg*, przeł. Marek Fedyszak, Katowice 2017

Emslie Karen, *Riding the Wind*, „Aeon", 21 stycznia 2016, aeon.co/essays/how-the-windblows-us-on-and-off-life-s-course

Falconer Tim, *Everything We Can't Describe in Music*, „Hazlitt", 15 kwietnia 2016, hazlitt.net/feature/everything-we-cant-describe-music

Fisher Roger, *Preventing Nuclear War*, „The Bulletin of the Atomic Scientists", 37(3), 1980

Flajnik Martin F., Kasahara Masanori, *Origin and Evolution of the Adaptive Immune System: Genetic Events and Selective Pressures*, „Nature Reviews Genetics" 11, 2010

Fludd Robert, *De musica mundana* (1618), zbiory specjalne Biblioteki Bodlejańskiej

Fludd Robert, *Utriusque cosmi* (1621), zbiory specjalne Biblioteki Bodlejańskiej

Francis Gavin, *Podróże po ludzkim ciele*, przeł. Maciej Studencki, Wrocław 2018

Frisen Jonas i in., *Evidence for Cardiomyocyte Renewal in Humans*, „Science", 324(5923), 2009

Frohlich Joel, *The Fugue of Life: Why Complexity Matters in Physiology and Neuroscience*, „Knowing Neurons", 3 lutego 2016, knowingneurons.com/2016/02/03/why-complexity-matters-in-physiology-and-neuroscience

Gawande Atul, *Why Do Doctors Fail?*, „Reith Lectures", BBC Radio 4, 29 listopada 2014, downloads.bbc.co.uk/radio4/transcripts/2014_reith_lecture1_boston.pdf

Gessen Masha, *The Dying Russians*, „New York Review of Books", 2 września 2014, www.nybooks.com/daily/2014/09/02/dying-russians

Gonzalez-Crussi Francisco, *The Five Senses*, Harcourt Brace Jovanovich, 1989

Gonzalez-Crussi Francisco, *Tajemnice ciała. Dziurawe żołądki, bolące serce i płuca Chopina*, przeł. Marta Stasińska-Buczak, Kraków 2010

Graff Simon i in., *Long-Term Risk of Atrial Fibrillation after the Death of a Partner*, „Open Heart", 3(1), 2016

Haskell David George, *The Songs of Trees: Stories from Nature's Great Connectors*, Viking, 2017

Hepper P. G. i in., *Development of Fetal Hearing*, „Archives of Disease in Childhood", 71(2), 1994

Hickok Gregory, *Eight Problems for the Mirror Neuron Theory of Action Understanding in Monkeys and Humans*, „Journal of Cognitive Neuroscience", 21(7), 2009

Hughes Timothy S., *Groove and Flow: Six Analytical Essays on the Music of Stevie Wonder* (praca doktorska), University of Washington, 2003

Hume David, *Traktat o naturze ludzkiej*, przeł. Czesław Znamierowski, Warszawa 1963

Jiménez Juan Ramón, *Full Consciousness* [w:] *Lorca and Jimenez: Selected Poems*, Beacon Press, 1973

Knausgård Karl Ove, *Moja walka. Księga 1*, przeł. Iwona Zimnicka, Kraków 2015

Konvalinka Ivana i in., *Synchronized Arousal between Performers and Related Spectators in a Fire-Walking Ritual*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 108(20), 2011

Lasky Robert i in., *The Development of the Auditory System from Conception to Term*, „Neoreviews", 6(3), 2005

Long Matthew C. i in., *Finding forced trends in oceanic oxygen*, „Global Biogeochemical Cycles", 29 lutego 2016

Morgenstern Christian, *Aphorisms on Nature*, fragmenty przetłumaczone przez Douglasa Robertsona [w:] *Reliquiae*, t. 4, Corbel Stone Press, b.d.

NASA, *Perpetual Ocean*, 2012, www.nasa.gov/topics/earth/features/perpetual-ocean.html

Nawroth Janna C. i in., *A Tissue-Engineered Jellyfish with Biomimetic Propulsion*, „Nature Biotechnology", 30(8), 2012

Park Yong Keun i in., *Metabolic Remodelling of the Human Red Blood Cell Membrane*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 107(4), 2009

Peto James (red.), *The Heart*, Yale University Press, 2007

Poon Chi-Sang, Merri Christopher K., *Decrease of Cardiac Chaos in Congestive Heart Failure*, „Nature", 389, 1997

Ramón y Cajal Santiago, *Advice for a Young Investigator* (1897), MIT Press 2004

Reich Steve, *Clapping Music*, Universal Edition, 1972

Roberts Alice, *The Incredible Unlikeliness of Being: Evolution and the Making of Us*, Heron Books, 2014

Robinson Kim Stanley, *Czerwony Mars*, przeł. Ewa Wojtczak, Warszawa 1998

Saladin Kenneth S., *Anatomy and Physiology: The Unity of Form and Function*, McGraw Hill, 2004

Strogatz Steven, *Sync: How Order Emerges from Chaos in the Universe, Nature, and Daily Life*, Hachette Books, 2003

Svevo Italo, *Zeno Cosini*, przeł. Zofia Ernstowa, Warszawa 1966

Wells Francis C., *Serce Leonarda*, Grażyna Bastek, Krzysztof J. Filipiak (red. wyd. pol.), 2014

Whitfield John, *In the Beat of a Heart: Life, Energy and the Unity of Nature*, Joseph Henry Press, 2006

Willis Allee, Lind Jon, *Boogie Wonderland*, Earth, Wind & Fire i The Emotions (wykonanie), The Atlantic Record Company i Columbia Records, 1979

Witek Maria A.G. i in., *Syncopation, Body-Movement and Pleasure in Groove Music*, „PLOS One", 16 kwietnia 2014, journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0094446

Wright Thomas, *Circulation: William Harvey's Revolutionary Idea*, Vintage, 2012

Xygalatas Dimitris, *Trial by Fire*, „Aeon", 19 września 2014, aeon.co/essays/how-extremerituals-forge-intense-social-bonds

Ackerman Jennifer, *Geniusz ptaków*, przeł. Barbara Gutowska-Nowak, Kraków 2017

Attanasi Alessandro i in., *Information Transfer and Behavioural Inertia in Starling Flocks*, „Nature Physics" 10, 2014

Auden W.H., *Heavy Date* [w:] *Collected Poems*, Faber & Faber, 2004

Bach, J.S., partity klawesynowe BWV825-830 (1726–30), Igor Levit (wykonanie), Sony, 2014

Ball Philip, *Cellular Memory Hints at the Origins of Intelligence*, „Nature", 451(7177), 2008

Bede, *Ecclesiastical History of the English People* (ok. 731), rozdział 13: *A Sparrow's Flight*, George Bell & Sons, 1907

Blake William, *Europe: A Prophecy* (1794) [w:] *Complete Poems*, Penguin Classics, 1977

Böhm Jennifer i in., *The Venus Flytrap* Dionaea muscipula *Counts Prey-Induced Action Potentials to Induce Sodium Uptake*, „Current Biology", 26(3), 2016

Bor Daniel, *The Ravenous Brain: How the New Science of Consciousness Explains our Insatiable Search for Meaning*, Basic Books, 2012

Brenner S. i in., *The Structure of the Nervous System of the Nematode* Caenorhabditis elegans, „Philosophical Transactions of the Royal Society B", 314(1165), 1986

Browne Thomas, *Religio Medici* (1643), „New York Review Books", 2012

Burgess Neil, *Jak twój mózg mówi ci, gdzie się znajdujesz*, przeł. Marcin Mituniewicz, „Ted", www.ted.com/talks/neil_burgess_how_your_brain_tells_you_where_you_are

Calvino Italo, *Baron drzewołaz*, przeł. Barbara Sieroszewska, Warszawa 2004

Carter Rita, *Tajemniczy świat umysłu*, przeł. Bogdan Kamiński, Warszawa 1998

Chakrabortee Sohini, *Luminidependens (LD) is an Arabidopsis Protein with Prion Behavior*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 113(21), 2016

Chalmers David, *Facing Up to the Problem of Consciousness*, „Journal of Consciousness Studies", 2(3), 1995

Chung Kwanghun, Deisseroth Karl, *CLARITY for Mapping the Nervous System*, „Nature Methods", 10(6), 2013

Churchland Patricia, *Does Consciousness Emerge from Quantum Processes*?, „Times Higher Education Supplement", 5 kwietnia 1996

Clancy Kelly, *The Strangers in Your Brain*, „New Yorker", 17 października 2015, www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/the-strangers-in-your-brain

Clark Andy, *Surfing Uncertainty*, Oxford University Press, 2015

Colapinto John, *Lighting the Brain: Karl Deisseroth and the Optogenetics Breakthrough*, „New Yorker", 18 maja 2015, www.newyorker.com/magazine/2015/05/18/lightingthe-brain

Cole Andy A. i in., *A Network of Three Types of Filaments Organizes Synaptic Vesicles for Storage, Mobilization, and Docking*, „The Journal of Neuroscience", 36(11), 2016

Cook Gareth, *Sebastian Seung's Quest to Map the Human Brain*, „New York Times", 11 stycznia 2015, www.nytimes.com/2015/01/11/magazine/sebastian-seungs-quest-to-map-the-human-brain.html

Costandi Mo, *The Discovery of the Neuron*, 29 sierpnia 2006, neurophilosophy.wordpress.com/2006/08/29/the-discovery-of-the-neuron

Costandi Mo, *Nerve Terminal Nanofilaments Control Brain Signalling*, „Guardian", 2 kwietnia 2016, www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2016/apr/02/nerve-terminal-nanofilaments-control-brain-signalling

Costandi Mo, *Neuroplasticity*, MIT Press, 2016

Cox Trevor, *Sonic Wonderland*, Bodley Head, 2014

Crick Francis, *Thinking about the Brain*, „Scientific American", 241(3), 1979

Crick Francis, Koch Christof, *What is the Function of the Claustrum?*, „Philosophical Transactions of the Royal Society", 360(1458), 2005

Darwin Charles, *The Power of Movement in Plants* (1880), John Murray (wyd.)

Day Brian L., Fitzpatrick Richard C., *The Vestibular System*, „Current Biology", 15(15), 2005

Deacon Terrence, *Incomplete Nature: How Mind Emerged from Matter*, W.W. Norton & Co., 2011

Dehaene Stanislas, *Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts*, Viking, 2014

Doidge Norman, *Mózg zmienia się sam*, przeł. Barbara Mińska, Białystok 2017

Doidge Norman, *Jak naprawić uszkodzony mózg. Od udarów i chronicznego bólu po choroby neurodegeneracyjne*, przeł. Barbara Mińska, Białystok 2015

Du Sautoy Marcus, *To, czego się nie dowiemy. Badanie granic nauki*, przeł. Joanna Skalska, Adam Skalski, Warszawa 2018

Eagleman, David, *Mózg. Opowieść o nas*, przeł. Aleksander Wojciechowski, Poznań 2018

Einstein Albert, list do Roberta S. Marcusa, lettersofnote.com

Emerson Ralph Waldo, *Natura*, przeł. Michał Filipczuk, Kraków 2005

Emery Nathan J., Clayton, Nicola S., *The Mentality of Crows: Convergent Evolution of Intelligence in Corvids and Apes*, „Science", 306(5703), 204

Emes Richard D., Seth G.N., *Evolution of Synapse Complexity and Diversity*, „Annual Review of Neuroscience", 35, 2012

Epstein Robert, *The Empty Brain*, „Aeon", 1 maja 2016, aeon.co/essays/your-braindoes-not-process-information-and-it-is-not-a-computer

Erwin Jennifer A. i in., *Mobile DNA Elements in the Generation of Diversity and Complexity in the Brain*, „Nature Reviews Neuroscience", 15, 2014

Eskelinen Holli C., *Acoustic Behavior Associated with Cooperative Task Success in Bottlenose Dolphins*, „Animal Cognition", 19(4), 2016

Everett Daniel, *A Cultural Context* (odpowiedź na pytanie: *What do you think about machines that think?*), „Edge", 2015, edge.org/response-detail/26103

Feldman Barrett Lisa, *The Predictive Brain* (odpowiedź na pytanie: *What do you consider the most important recent [scientific] news? What makes it important?*), „Edge", 2016, www.edge.org/annual-question/2016/response/26707

Field Museum, *Field Museum Scientists Estimate 16,000 Tree Species in the Amazon* (komunikat prasowy), 17 października 2013 www.eurekalert.org/pub_releases/2013-10/fm-fms101413.php

Fisher Matthew P.A., *Quantum Cognition: The Possibility of Processing with Nuclear Spins in the Brain*, „Annals of Physics", 362, 2015

Foster Charles, *Jak zwierzę. Intymne zbliżenie z naturą*, przeł. Jacek Konieczny, Poznań 2017

Gibson William T., *Behavioral Responses to a Repetitive Visual Threat Stimulus Express a Persistent State of Defensive Arousal in Drosophila*, „Current Biology", 25(11), 2015

Glickstein Mitchell, *The Discovery of the Visual Cortex*, „Scientific American", 1 września 1988

Goff Philip, *Panpsychism Is Crazy, but It's Also Most Probably True*, „Aeon", 2017, aeon.co/ideas/panpsychism-is-crazy-but-its-also-most-probably-true

Gorman James i in., „The Mapmakers" (seria artykułów), „The New York Times", 2014

Graziano Michael, *Consciousness and the Social Brain*, Oxford University Press, 2013

Graziano Michael, *How the Light Gets Out*, „Aeon", 21 sierpnia 2013, aeon.co/essays/how-consciousness-works-and-why-we-believe-in-ghosts

Graziano Michael, *Are We Really Conscious?*, „New York Times", 10 października 2014, www.nytimes.com/2014/10/12/opinion/sunday/are-we-really-conscious.html

Groh Jennifer M., *Making Space: How the Brain Knows Where Things Are*, Belknap Press of Harvard University Press, 2014

Hendy David, *Noise: A Human History of Sound and Listening*, Profile, 2013

Henrik Jörntell, *The Brain: A Radical Rethink is Needed to Understand It*, „The Conversation", 16 marca 2017, theconversation.com/the-brain-a-radical-rethink-is-needed-to-understand-it-74460

Herculano-Houzel Suzana, *Co niezwykłego jest w ludzkim mózgu?*, przeł. Katarzyna Szostowska, „Ted", www.ted.com/talks/suzana_herculano_houzel_what_is_so_special_about_the_human_brain?language=pl

Herculano-Houzel Suzana i in., *The Elephant Brain in Numbers*, „Frontiers in Neuroanatomy", 12 czerwca 2014

Hossenfelder Sabine, *The Superfluid Universe*, „Aeon", 1 lutego 2016, aeon.co/essays/is-dark-matter-subatomic-particles-a-superfluid-or-both

Huth Alexander G. i in., *Natural Speech Reveals the Semantic Maps That Tile Human Cerebral Cortex*, „Nature", 532, 2016

Jabr Ferris, *Know Your Neurons: What Is the Ratio of Glia to Neurons in the Brain?*, „Scientific American", 13 czerwca 2012, blogs.scientificamerican.com/brainwaves/know-your-neurons-what-is-the-ratio-of-glia-to-neurons-in-the-brain

Jabr Ferris, *The Neuron's Secret Partner*, „Nautilus", 13 sierpnia 2015, nautil.us/issue/27/dark-matter/the-neurons-secret-partner

James William, *The Principles of Psychology* (1890), dz. cyt.

Jones Allan, *Mapa mózgu*, przeł. Bartłomiej Szóstak, „Ted", www.ted.com/talks/allan_jones_a_map_of_the_brain?language=pl

Kasthuri Narayanan i in., *Saturated Reconstruction of a Volume of Neocortex*, „Cell", 162(3), 2015

Keiper Caitrin Nicol, *Do Elephants Have Souls?*, „The New Atlantis", 38, zima/wiosna 2013

Kessler Sébastien C. i in., *Bees Prefer Foods Containing Neonicotinoid Pesticides*, „Nature", 521, 2015

Knausgård Karl Ove, *I Had Never Seen Anything as Beautiful*, „Telegraph", 10 marca 2016

„Knowing Neurons" (strona internetowa), *52 Brain Facts*, knowingneurons.com/52-brain-facts

Koch Christoph, *Consciousness: Confessions of a Romantic Reductionist*, MIT Press, 2012

Kolb Bryan, Gibb Robbin, *Brain Plasticity and Behaviour in the Developing Brain*, „Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry", 20(4), 2011

Lee Hyo-Jun i in., *Stem-Piped Light Activates Phytochrome B to Trigger Light Responses in* Arabidopsis thaliana *Roots*, „Science Signaling", 9(452), 2016

Leibniz Gottfried Wilhelm, *Monadologia*, przeł. Henryk Elzenberg, Toruń 1991

Lichtman Jeff W. i in., *A Technicolor Approach to the Connectome*, „Nature Reviews Neuroscience", 9, 2008

Lopez Barry, Gwartney Debra (red.), *Home Ground: Language for an American Landscape*, Trinity University Press, 2013

Lovelock James, *A Rough Ride to the Future*, Allen Lane, 2014

Majmudar Amit, *The Brains of Animals*, „Kenyon Review", 14 grudnia 2013, www.kenyonreview.org/2013/12/brains-animals

Maloufouris Lambros, *How Things Shape the Mind: A Theory of Material Engagement*, MIT Press, 2013

Manzotti Riccardo, „On Consciousness" (rozmowy z Timem Parksem), „New York Review of Books", grudzień 2016 – kwiecień 2017; zobacz także stronę internetową Manzottiego: www.consciousness.it

Marcus Gary, *Kluge*, Houghton Mifflin, 2008

Marcus Gary, Freeman Jeremy (red.), *The Future of the Brain: Essays by the World's Leading Neuroscientists*, Princeton University Press, 2014

Markram Henry, *Henry Markram buduje mózg w superkomputerze*, przeł. Rafał Malinowski, „Ted", www.ted.com/talks/henry_markram_supercomputing_the_brain_s_secrets?language=pl

Marsh Henry, *Po pierwsze nie szkodzić*, przeł. Joanna Józefowicz-Pacuła, Warszawa 2016

Medlock Ben, *The Body Is the Missing Link for Truly Intelligent Machines*, „Aeon", 14 marca 2017, aeon.co/ideas/the-body-is-the-missing-link-for-truly-intelligentmachines

Merleau-Ponty Maurice, *Oko i umysł*, przeł. Stanisław Cichowicz, Gdańsk 1996

Miller Kenneth D., *Will You Ever Be Able to Upload Your Brain?*, „New York Times", 15 października 2015, www.nytimes.com/2015/10/11/opinion/sunday/will-youever-be-able-to-upload-your-brain.html

Moore Henry, *The Sculptor Speaks*, „The Listener", 18 sierpnia 1937

Moser Edvard i in., *Spatial Representation in the Entorhinal Cortex*, „Science", 305(5688), 2004

Nicholson Max, *Birds and Men* (1951) [za:] Cocker Mark, Mabey Richard, *Birds Britannica*, Chatto & Windus, 2005

O'Keefe J. i in., *The Hippocampus as a Spatial Map. Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely-Moving Rat*, „Brain Research", 34(1), 1971

O'Shea Michael i in., „The Human Brain" (seria artykułów), „New Scientist", 2013–2014, www.newscientist.com/special/the-collection-human-brain

Reardon Sara, *Light-Controlled Genes and Neurons Poised for Clinical Trials*, „Nature", 19 maja 2016, www.nature.com/news/light-controlled-genes-and-neurons-poised-for-clinical-trials-1.19886

Reardon Sara, *A Giant Neuron Found Wrapped Around Entire Mouse Brain*, „Nature", 24 lutego 2017, www.nature.com/news/a-giant-neuron-found-wrapped-aroundentire-mouse-brain-1.21539

Russell Bertrand, *An Outline of Philosophy*, George Allen and Unwin, 1927

Safina Carl, *Poza słowami. Co myślą i czują zwierzęta*, przeł. Dominika Dymińska, Warszawa 2018

Schulz Bruno, *Republika marzeń*, Wolne Lektury, 2014

Scientific American (red.), *The Secrets of Consciousness*, Scientific American Inc., 2013

Seth Anil, *The Real Problem*, „Aeon", 2 listopada 2016, aeon.co/essays/the-hardproblem-of-consciousness-is-a-distraction-from-the-real-one

Strawson Galen, *Consciousness Myth*, „Times Literary Supplement", 25 lutego 2015

Strawson Galen, *Mind and Being: The Primacy of Panpsychism* [w:] Brüntrup Godehard, Jaskolla Ludwig (red.), *Panpsychism: Philosophical Essays*, Oxford University Press, 2015

Szymborska Wisława, *Rozmowa z kamieniem* [w:] *Nic dwa razy. Wybór wierszy*, Kraków 1997

Tallis Raymond, *The Kingdom of Infinite Space*, Atlantic, 2008

ter Steege Hans i in., *Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora*, „Science", 342(6156), 2013

Thomas Lewis, *On Probability and Possibility* [w:] *The Lives of a Cell*, Viking, 1974

Thompson Evan, *Waking, Dreaming, Being: Self and Consciousness in Neuroscience, Meditation, and Philosophy*, Columbia University Press, 2014

Thomson Helen, *Woman of 24 Found to Have No Cerebellum in Her Brain*, „New Scientist", 10 września 2014, www.newscientist.com/article/mg22329861-900-woman-of-24found-to-have-no-cerebellum-in-her-brain

Whitman Walt, *Pieśń o sobie samym* [w:] *Źdźbła trawy. Poezje wybrane*, przeł. Ludmiła Marjańska, Warszawa 1966

Willis Allee, Lind Jon, *Boogie Wonderland*, dz. cyt.

Willis Thomas, *The Anatomy of the Brain and Nerves* (1664), Classics of Medicine Library, 1978

Willis Thomas, *Two Discourses Concerning the Souls of Brutes* (1672), London, wydrukowane na zlecenie T. Dringa, C. Harpera, J. Leigh

Wolpert Daniel, *Po co tak naprawdę nam mózg*, przeł. Agata Leśnicka, „Ted", www.ted.com/talks/daniel_wolpert_the_real_reason_for_brains?language=pl

Zeng Hongkui i in., *A Connectome of the Mouse Brain*, „Nature", 508(7495), 2014

Zimmer Carl, *Soul Made Flesh: Thomas Willis, the English Civil War and the Mapping of the Mind*, William Heinemann, 2004

ROZDZIAŁ 5

Addyman Caspar, *Why Playing Peekaboo with Babies Is a Very Serious Matter*, „Aeon", 26 lutego 2016, aeon.co/ideas/why-playing-peekaboo-with-babies-is-a-veryserious-matter

Addyman Caspar, *The Laughing Baby: The Extraordinary Science behind What Makes Babies Happy and Why* [w przygotowaniu]

Agland Phil, *China: Between Clouds and Dreams*, River Films, 2016

Akerlof George A., Shiller Robert J., *Phishing for Phools: The Economics of Manipulation and Deception*, Princeton University Press, 2015

Alter Adam, *How Technology Gets Us Hooked*, „Guardian", 27 lutego 2017, www.theguardian.com/technology/2017/feb/28/how-technology-gets-us-hooked

Ananthaswamy Anil, *Ecstatic Epilepsy: How Seizures Can Be Bliss*, „New Scientist", 22 stycznia 2014, www.newscientist.com/article/mg22129531-000-ecstaticepilepsy-how-seizures-can-be-bliss

Ananthaswamy Anil, *Trippy Tots: How to See the World as a Baby*, „New Scientist", 21 sierpnia 2014, www.newscientist.com/article/mg22329830-700-trippy-tots-how-to-see-the-world-as-a-baby

Ananthaswamy Anil, *The Wisdom of the Aging Brain*, „Nautilus", 12 maja 2016, nautil.us/issue/36/aging/the-wisdom-of-the-aging-brain

Arystoteles, *Etyka eudemejska*, przeł. Witold Wróblewski, Warszawa 1977

Arystoteles, *Polityka*, przeł. Ludwik Piotrowicz, Warszawa 2006

Atran Scott, *Jihad's Fatal Attraction*, „Guardian", 4 września 2014, www.theguardian.com/commentisfree/2014/sep/04/jihad-fatal-attraction-challenge-democracies-isisbarbarism

Atran Scott, *Looking for the Roots of Terrorism*, „Nature", 15 czerwca 2015, www.nature.com/news/looking-for-the-rootsof-terrorism-1.16732

Aureliusz Marek, *Rozmyślania*, przeł. Marian Reiter, Warszawa 1997

Autor anoniomwy, *Ayahuasca: A Personal Encounter with the Miracle Vine*, „Network Review", wiosna 2015

Ball Philip i in., *Why Music?*, BBC Radio 3, 25 września 2015

Baumeister Roy i in., *Bad is Stronger than Good*, „Review of General Psychology", 5(4), 2001

Benjamin Walter, *A Berlin Childhood Around 1900* (1938) [w:] *Selected Writings*, t. 3, Belknap Harvard, 2002

Berridge Kent C., *Dissecting Components of Reward: „Liking", „Wanting", and Learning*, „Current Opinion in Pharmacology", 9(I)

Berry Thomas, *The Meadow Across the Creek* (1993), thomasberry.org/publications-and-media/the-meadow-across-the-creek

Bjerstedt Sven, *Review Essay of „Strong Experiences with Music"*, „International Journal of Education & the Arts", 14, recenzja nr 7, 2013

Borges Jorge Luis, *Undr* [w:] *Księga piasku*, przeł. Zofia Chądzyńska, Warszawa 1998

Browne Thomas, *Letter to a Friend* (1690) [w:] Killeen Kevin (red.), *Thomas Browne: 21st Century Oxford Authors*, Oxford University Press, 2014

Burak Jacob, *Outlook: Gloomy*, „Aeon", 4 września 2014, aeon.co/essays/humans-are-wired-for-negativity-for-good-or-ill

Carhart-Harris Robin L. i in., *Neural Correlates of the LSD Experience Revealed by Multimodal Neuroimaging*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 113(17), 2016

Cioran Emil, *O niedogodności narodzin*, przeł. Ireneusz Kania, Warszawa 2008

Clare John, *The Autobiography* (ok. 1826) [w:] Williams Merryn, Williams Raymond (red.), *John Clare: Selected Poetry and Prose*, Methuen, 1986

Claxton Guy, *On Being Touched and Moved: Why Spirituality Is Essentially Embodied* (wykład wygłoszony na konferencji RSA), 26 listopada 2013, www.thersa.org/discover/publications-and-articles/rsa-blogs/2014/02/science-and-spiritualityeffing-the-ineffable

Costandi Mo, *Diagnosing Dostoyevsky's Epilepsy*, „Neurophilosophy", 16 kwietnia 2007, neurophilosophy.wordpress.com/2007/04/16/diagnosing-dostoyevskys-epilepsy

Crawford Matthew, *The World beyond Your Head: How to Flourish in an Age of Distraction*, Viking, 2015

Deary Vincent, *How We Are*, Penguin, 2014

de Tocqueville Alexis, *Journeys to England and Ireland* (1835), Transaction Publishers, 1987

Dickens Charles, *Wielkie nadzieje*, przeł. Karolina Beylin, Warszawa 2013

Dillard Annie, *An American Childhood*, Harper and Row, 1987

Diski Jenny, *The Island of Lost Words*, „Berfrois", 29 stycznia 2016, www.berfrois.com/2016/01/jenny-diski-on-the-enormity-of-that-lost-word

Dolder Patrick C. i in., *LSD Acutely Impairs Fear Recognition and Enhances Emotional Empathy and Sociality*, „Neuropsychopharmacology", 41, 2016

Dostojewski Fiodor, *Bracia Karamazow*, przeł. Adam Pomorski, Kraków 2009

Ehrenreich Barbara, *Dancing in the Streets: A History of Collective Joy*, Granta Books, 2007

Emerson Ralph Waldo, *Natura*, przeł. Michał Filipczuk, Kraków 2005

Evans Jules, *The Art of Losing Control: A Philosopher's Search for Ecstatic Experience*, Canongate, 2017

Eyal Nir, Hoover Ryan, *Hooked: How to Build Habit-Forming Products*, Portfolio, 2015

Fleming Amy, *The Science of Craving*, „1843 Magazine", maj–czerwiec 2015

Freud Sigmund, *Dowcip i jego stosunek do nieświadomości*, przeł. Robert Reszke, Warszawa 1993

Gabrielsson Alf, *Strong Experiences with Music*, Oxford University Press, 2011

Gibbon Edward, *Zmierzch Cesarstwa Rzymskiego*, przeł. Stanisław Kryński, Warszawa 1995

Glenny Misha, *The Dark Side of Brazil's „Marvellous City"* (recenzja *Rio de Janeiro: Extreme City* Luiza Eduardo Soaresa), „Guardian", 19 maja 2016, www.theguardian.com/books/2016/may/19/rio-de-janeiro-extreme-city-luiz-eduardo-soares-review

Gopnik Alison, *Dziecko filozofem*, przeł. Magdalena Trzcińska, Warszawa 2010

Gray John, *The Soul of the Marionette: A Short Inquiry into Human Freedom*, Penguin, 2015

Griffith Jay, *Kith*, Hamish Hamilton, 2014

Griffiths Ronald i in., *Psilocybin Can Occasion Mystical- Type Experiences Having Substantial and Sustained Personal Meaning and Spiritual Significance*, „Psychopharmacology", 187(3), 2006

Heraklit, fragment 45 [w:] Burnet John (red.), *Early Greek Philosophy*, A. & C. Black, 1930

Harari Yuval Noah, *Sapiens. Od zwierząt do bogów*, przeł. Justyn Hunia, Kraków 2018

Holloway Richard, *Three Score Years and Ten: Looking Back*, BBC Radio 4, 18 stycznia 2016

Hoffman Jan, *A New Vision for Dreams of the Dying*, „New York Times", 2 lutego 2016, www.nytimes.com/2016/02/02/health/dreams-dying-deathbed-interpretationdelirium.html

Hughes Ted, *Letters*, Faber & Faber, 2009

Hume David, *My Own Life* (1776), en.wikisource.org/wiki/My_Own_Life

Irigaray Luce, *An Ethics of Sexual Difference*, Cornell University Press, 1993

Kalanithi Paul, *Jeszcze jeden oddech*, przeł. Łukasz Małecki, Kraków 2017

Kerr C.W. i in., *End-of-Life Dreams and Visions: A Longitudinal Study of Hospice Patients' Experiences*, „Journal of Palliative Medicine", 17(3), 2014

Kimmerer Robin Wall, *Braiding Sweetgrass*, Milkweed Editions, 2014

Kulka Otto Dov, *Pejzaże metropolii śmierci. Rozmyślania o pamięci i wyobraźni*, przeł. Michał Szczubiałka, Wołowiec 2014

Lasdun James, *Houellebecq in the Flesh*, „New York Review of Books", 24 marca 2015, www.nybooks.com/daily/2015/03/24/kidnapping-houellebecq-in-the-flesh

Lawrence D.H., *The Rainbow* (1915), Penguin Classics, 2000

Lewis Helen, *The Utopia of Isis: Inside Islamic State's Propaganda War*, „New Statesman", 20 listopada 2015, www.newstatesman.com/politics/uk/2015/11/utopiaisis-inside-islamic-state-s-propaganda-war

Lilla Mark, *Slouching toward Mecca* (recenzja książki *Uległość* Michela Houellebecqa), „New York Review of Books", 2 kwietnia 2015, www.nybooks.com/articles/2015/04/02/slouching-toward-mecca

Macfarlane Robert, *Landmarks*, Hamish Hamilton, 2015

Macfarlane Robert, *Laurence Edwards: An Essay*, „Caught by the River", 18 maja 2016, www.caughtbytheriver.net/2016/05/laurence-edwards-messums-robert-macfarlane-sculpture

Marshall Michael, *Six Things Science Has Revealed about the Female Orgasm*, „New Scientist", 28 maja 2009, www.newscientist.com/article/dn17165-six-things-science-hasrevealed-about-the-female-orgasm

Mason Wyatt, *The Revelations of Marilynne Robinson*, „New York Times", 1 października 2014, www.nytimes.com/2014/10/05/magazine/the-revelations-of-marilynnerobinson.html

Masters William H., Johnson Virginia, *Homosexuality in Perspective*, Little, Brown & Co, 1979

Merleau-Ponty Maurice, *Fenomenologia percepcji*, przeł. Małgorzata Kowalska, Jacek Migasiński, Warszawa 2017

Miłosz Czesław, *Spotkanie* [w:] *Trzy zimy*, Wilno–Warszawa 1936

Mireault Gina, *Five-Month-Old Babies Know What's Funny*, „Aeon", 20 stycznia 2017, aeon.co/ideas/five-month-old-babies-know-whats-funny

Monbiot George, *Our Greatest Peril? Screening Ourselves Off from Reality*, „Guardian", 28 lutego 2017, www.theguardian.com/commentisfree/2017/feb/28/greatestperil-screening-reality-4chan-pewdiepie-nothing-matters-fascism

Morell Virginia, *No Place Is Safe for Africa's Hunted Forest Elephants*, „Science", 20 lutego 2017, www.sciencemag.org/news/2017/02/no-place-safe-africa-shunted-forest-elephants

Murray Les, *A Defence of Poetry* (wykład wygłoszony podczas festiwalu poezji Poetry International Festival w Rotterdamie) (1998), www.lesmurray.org/defence.htm

Nietzsche Fryderyk, *Narodziny tragedii*, przeł. Grzegorz Sowinski, Kraków 2011

Nietzsche Fryderyk, *Tako rzecze Zaratustra*, przeł. Wacław Berent, Poznań 2000

Packer George, *Exporting Jihad: The Arab Spring Has Given Tunisians the Freedom to Act on Their Unhappiness*, „New Yorker", 26 marca 2016

Peleg R., Peleg A., *Case Report: Sexual Intercourse as Potential Treatment for Intractable Hiccups*, „Canadian Family Physician", 46, 2000

Piff Paul i in., *Awe, the Small Self, and Prosocial Behavior*, „Journal of Personality and Social Psychology", 108(6), 2015

Piff Paul, Keltner Dacher, *Why Do We Experience Awe?*, „New York Times", 22 maja 2015, www.nytimes.com/2015/05/24/opinion/sunday/why-do-we-experience-awe.html

Pinker Steven, *Zmierzch przemocy. Lepsza strona naszej natury*, przeł. Tomasz Bieroń, Poznań 2015

Pollan Michael, *The Trip Treatment*, „New Yorker", 9 lutego 2015, www.newyorker.com/magazine/2015/02/09/trip-treatment

Reich Steve, *Writings about Music*, The Press of the Nova Scotia College of Art and Design, 1974

Rilke Rainer Maria, *Listy do młodego poety*, przeł. Justyna Nowotniak, Warszawa 2010

Roach Mary, *Bzyk. Pasjonujące zespolenie nauki i seksu*, przeł. Maciek Sekerdej, Kraków 2010

Roach, Mary, *Ten Things You Didn't Know about Orgasm*, luty 2009, „Ted, www.ted.com/talks/mary_roach_10_things_you_didn_t_know_about_orgasm

Roberts Seth, *How Economics Shaped Human Nature: A Theory of Human Evolution* [w:] Cai S., Beltz N. (red.), *Mind and Cognition*, Springer, 2014

Robinson Marilynne, *Fear*, „New York Review of Books", 24 września 2015, www.nybooks.com/articles/2015/09/24/marilynne-robinson-fear

Rowson Jonathan, *Spiritualise: Revitalising Spirituality to Address 21st Century Challenges*, RSA Action and Research Centre, 2014

Sacks Oliver, *Gratitude*, Picador, 2015

Sacks Oliver, *Urge*, „New York Review of Books", 24 września 2015, www.nybooks.com/articles/2015/09/24/urge

Saunders George, *On Story* (film Sarah Klein i Toma Masona), Redglass Pictures, 2015

Schulz Bruno, *Republika marzeń*, Wolne Lektury, 2014

Schwartz Barry, *Paradoks wyboru. Dlaczego więcej oznacza mniej*, przeł. Marcin Walczyński, Warszawa 2013; zobacz także: tegoż, *The Paradox of Choice*, lipiec 2005, www.ted.com/talks/barry_schwartz_on_the_paradox_of_choice

Sheridan Margaret A., *Variation in Neural Development as a Result of Exposure to Institutionalisation Early in Childhood*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 109 (32), 2012

Sloboda John, *Exploring the Musical Mind*, Oxford University Press, 2005, oraz osobista korespondencja z autorem w roku 2015

Sloterdijk Peter, *Musisz życie swe odmienić*, przeł. Jarosław Janiszewski, Warszawa 2014

Sofokles, *Edyp w Kolonos* [w:] *Tragedie*, t. 1, przeł. Antoni Libera, Warszawa 2018

Stevenson Bryan, *Just Mercy*, Spiegel & Grau, 2014

Tallis Raymond, *In Defence of Wonder and Other Philosophical Reflections*, Acumen, 2012

Traherne Thomas, *Centuries of Meditations*, pierwsze wydanie 1910

Unger Roberto Mangabeira, Harvard University Press, 2014, zobacz także: tegoż, *The Religion of the Future*, „openDemocracy", 31 marca 2014, www.opendemocracy.net/transformation/roberto-mangabeira-unger/religion-of-future

Veloso Caetano, *Livro*, Nonesuch, 1998

Ward Colin, *The Child in the City*, Bedford Square Press, 1990

Weisberg Jacob, *We Are Hopelessly Hooked*, „New York Review of Books", 25 lutego 2015, www.nybooks.com/articles/2016/02/25/we-are-hopelessly-hooked

Whaley John, Sloboda John, Gabrielsson Alf, *Peak Experiences with Music* [w:] Hallam Susan i in. (red.), *Oxford Handbook of Music Psychology*, Oxford University Press, 2008

White Jon, *Does Music Strike a Chord with Everyone?*, „New Scientist", 15 kwietnia 2015, www.newscientist.com/article/mg22630172-800-does-music-strike-a-chord-witheveryone

Williams Rowan, *The Physicality of Prayer*, „New Statesman", 8 lipca 2014

Wordsworth William, *Oda o przeczuciach nieśmiertelności czerpanych ze wspomnień o wczesnym dzieciństwie*, przeł. Zygmunt Kubiak [w:] *Poezje wybrane*, Warszawa 1978

Zweibel Herman T. i in., *Our Dumb Century: The Onion Presents 100 Years of Headlines*, Crown Publishing, 1999

ROZDZIAŁ 6

Adams Douglas, *Restauracja na końcu wszechświata*, przeł. Paweł Wieczorek, Poznań 2017

Adams John, *Part III: Meister Eckhardt and Quackie* (część kompozycji muzycznej) [w:] *Harmonielehre*, Simon Rattle i CBSO (wykonanie), Associated Music, G. Schirmer Inc., 1995

al-Koni Ibrahim, *Visiting Death* [w:] Parker David, *Myth and Landscape*, Kehrer Verlag, 2014

Barras Colin, *Mystery Human Species* Homo naledi *Had Tiny but Advanced Brain*, „New Scientist", 24 kwietnia 2017, www.newscientist.com/article/2128583-mystery-human-species-homo-naledi-had-tiny-but-advanced-brain

Barthe Christine, Barral Xavier (red.), *The Lost Tribes of Tierra del Fuego*, ze zdjęciami Martina Gusinde, Thames and Hudson, 2015

Beck Ulrich, *The Metamorphosis of the World: How Climate Change is Transforming Our Concept of the World*, Polity, 2015

Benson Michael, *Cosmigraphics: Picturing Space through Time*, Abrams, 2014

Billings Lee, *Five Billion Years of Solitude*, Current, 2013

Borges Jorge Luis, *O ścisłości w nauce*, przeł. Andrzej Sobol-Jurczykowski [w:] *Powszechna historia nikczemności*, Warszawa 1998

Brothers J. Roger, *Evidence for Geomagnetic Imprinting and Magnetic Navigation in the Natal Homing of Sea Turtles*, „Current Biology", 25(3), 2015

Brotton Jerry, *A History of the World in Twelve Maps*, Allen Lane, 2012

Calvino Italo, *Niewidzialne miasta*, przeł. Alina Kreisberg, Warszawa 2013

Teleskop kosmiczny Chandra, *Tycho's Supernova Remnant* (zdjęcia), 2016, chandra.harvard.edu

Cox Brian, Cohen Andrew, *Człowiek i wszechświat*, przeł. Łukasz Lamża, Kraków 2016

Cyranoski David, *Discovery of Long-Sought Biological Compass Claimed*, „Nature", 16 listopada 2015, www.nature.com/news/discovery-of-long-sought-biologicalcompass-claimed-1.18803

Dillard Annie, *For the Time Being*, Vintage, 1999

Doctorow Cory, *Skynet Ascendant*, 2 lipca 2015, „Locus", www.locusmag.com/Perspectives/2015/07/cory-doctorow-skynet-ascendant

Ellis George, wywiad z Johnem Horganem, „Scientific American", 22 lipca 2014, blogs.scientificamerican.com/cross-check/physicist-george-ellis-knocks-physicists-forknocking-philosophy-falsification-free-will

Finlay Alec, *The Princess Forest, Forest Fables*, „Guardian", 5 listopada 2015, www.theguardian.com/books/audio/2015/nov/05/princess-forest-alec-finlay-forest-fables-podcast

Gaffney Owen, Steffen Will, *The Anthropocene Equation*, „The Anthropocene Review", 10 lutego 2017

Ghosh Amitav, *The Great Derangement: Climate Change and the Unthinkable*, University of Chicago Press, 2016

Gooley Tristan, *The Natural Navigator*, Virgin Books, 2011

Graham W.S., *As Brilliance Fell* [w:] *Selected Poems*, Faber & Faber, 1996

Grinspoon David, *Earth in Human Hands*, Grand Central Publishing, 2016

Guzmán Patricio, *Tęsknota za światłem*, Icarus Films, 2010

Guzmán Patricio, *Perłowy guzik*, Atacama Productions i in., 2015

Hoare Philip, *The Sea Inside*, Fourth Estate, 2014

Hoffman Donald, Gefter Amanda, *The Evolutionary Argument against Reality*, 21 kwietnia 2016, „Quanta Magazine" www.quantamagazine.org/the-evolutionaryargument-against-reality-20160421

Hoggett Paul, Randall Rosemary, *Socially Constructed Silence? Protecting Policymakers from the Unthinkable*, 6 czerwca 2016, „openDemocracy", www.opendemocracy.net/transformation/paul-hoggett-rosemary-randall/socially-constructed-silenceprotecting-policymakers-fr

Jaubert J. i in., *Early Neanderthal Constructions Deep in Bruniquel Cave in Southwestern France*, „Nature", t. 534, 2016

Jefferies Richard, *The Old House at Coate and Other Unpublished Essays*, Harvard University Press, 1948

Julianna z Norwich, *Objawienia Bożej miłości* (1395), przeł. Aleksander Gomola, Poznań 2007

Kalman Maria, Meyerowitz Rick, okładka „The New Yorker", 10 grudnia 2001

Kant Immanuel, *Powszechna historia naturalna i teoria nieba*, przeł. Translatorium Filozofii Niemieckiej Instytutu Filozofii UMK [w:] *Dzieła zebrane*, Toruń 2010

Keneally Thomas, *Dreamscapes*, „New York Times", 13 listopada 1988, www.nytimes.com/1988/11/13/magazine/dreamscapes.html

Kimmerer Robin Wall, *Gathering Moss*, Oregon State University Press, 2015

Koberlin Brian, *Distant Star*, „One Universe at a Time", 22 grudnia 2013, briankoberlein.com/2013/12/22/distant-star

Kopenawa Davi, Albert Bruce, *The Falling Sky*, Harvard University Press, 2013

Lawrence D.H., *Introduction to „Chariot of the Sun" („Chaos in Poetry")* [w:] *Phoenix: The Posthumous Papers of D.H. Lawrence*, Penguin, 1978

Leopold Aldo, *Zapiski z Piaszczystej Krainy*, przeł. Jerzy Paweł Listwan, Rafał Kotlicki, Bystra 2004

Levi Primo, *The First Atlas* [w:] *Collected Poems*, Faber & Faber, 1988

Lewis-Williams David, *San Rock Art*, Jacana Media, 2011

Linklater Andro, *Owning the Earth*, Bloomsbury, 2014

Lopez Barry, *Arctic Dreams*, Charles Scribner & Sons, 1986

Lopez Barry, *The Invitation*, „Granta", 133, jesień 2015

McCarthy Michael J., *The Moth Snowstorm: Nature and Joy*, John Murray, 2015

Morphy Howard, *Aboriginal Art*, Phaeton, 1988

Ornes Stephen, *Inside the Lost Cave World of the Amazon's Tepui Mountains*, „New Scientist", 26 kwietnia 2016, www.newscientist.com/article/2085733-inside-thelost-cave-world-of-the-amazons-tepui-mountains

Parshley Lois, *Faultlines, Black Holes and Glaciers: Mapping Uncharted Territories*, „Guardian", 7 lutego 2017, www.theguardian.com/science/2017/feb/07/faultlines-blackholes-glaciers-mapping-uncharted-territories

Platoni Kara, *Stanford's Virtual Reality Lab Turned Me into a Cow, Then Sent Me to the Slaughterhouse*, 22 kwietnia 2016, „KQED Science", ww2.kqed.org/futureofyou/2016/04/22/stanfords-virtual-reality-lab-turned-me-into-a-cow-then-sent-me-to-the-slaughterhouse

Ramsey Frank, *The Foundations of Mathematics: And Other Logical Essays, Routledge*, 1931

Ritz Thorsten, *Magnetic Compass of Birds Is Based on a Molecule with Optimal Directional Sensitivity*, „Biophysical Journal", 96(8), 2009

Robinson Kim Stanley, *Aurora*, Orbit, 2015

Robinson Tim, *Stones of Aran: Pilgrimage*, Penguin, 1986

Schalansky Judith, *Atlas wysp odległych*, przeł. Tomasz Ososiński, Warszawa 2014

Schiffman Richard, *Four Countries Are Acting as Safe Havens for African Elephants*, „New Scientist", 5 czerwca 2015, www.newscientist.com/article/dn27665-four-countries-are-acting-as-safe-havens-for-african-elephants

Stapledon Olaf, *Star Maker*, Methuen, 1937

Thompson Nainoa, *On Wayfinding*, „Hawaiian Voyaging Traditions", pvs.kcc.hawaii.edu/ike/hookele/on_wayfinding.html

Tollefson Jeff, *Antarctic Model Raises Prospect of Unstoppable Ice Collapse*, „Nature", 30 marca 2016

Tracy Gene, *Sky Readers*, „Aeon", 23 grudnia 2015, aeon.co/essays/what-have-we-lost-now-we-can-no-longer-read-the-sky

Thoreau Henry David, *Walden czyli życie w lesie*, przeł. Halina Cieplińska, Poznań 2018

Tyler Dominik, *Common Ground: A World-Lover's Guide to the British Landscape*, Guardian Books/Faber & Faber, 2015

Vanz Thomas, *Novae: An Aesthetic and Scientific Representation of a Supernova*, 2016, vimeo.com/189562895

Vitebsky Piers, *The Reindeer People: Living with Animals and Spirits in Siberia*, HarperCollins, 2005

Wang J., Marois, C., *Four Planets Orbiting Star HR 8799*, NExSS (NASA) / Keck Observatory, 2017, apod.nasa.gov/apod/ap170201.html

Wernquist Erik, *Wanderers*, 2014, vimeo.com/108650530

Winchester Simon, *The Map That Changed the World: William Smith and the Birth of Modern Geology*, HarperCollins, 2001

Wright Thomas, *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe* (1750), Cambridge University Press, 2014

Wulf Andrea, *Człowiek, który zrozumiał naturę. Nowy świat Alexandra von Humboldta*, przeł. Piotr Chojnacki, Katarzyna Bażyńska-Chojnacka, Poznań 2017

ROZDZIAŁ 7

Allen Paul, *The Singularity Isn't Near*, „MIT Technology Review", 12 października 2011, www.technologyreview.com/s/425733/paul-allen-the-singularity-isnt-near

Andersen Ross, *Exodus: Elon Musk Puts His Case for a Multi-Planet Civilisation*, „Aeon", 30 września 2014, aeon.co/essays/elon-musk-puts-his-case-for-a-multi-planet-civilisation

Armstrong D.J. i in., *Variability in the Atmosphere of the Hot Giant Planet HAT-P-7b*, „Nature Astronomy", t. 1, 2016

Barrat James, *Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era*, St Martin's Griffin, 2015

Benford James, Benford Gregory (red.), *Starship Century: Toward the Grandest Horizon*, Microwave Sciences, 2013

Berger John [za:] Smith Ali, *John Berger Remembered*, „Guardian", 6 stycznia 2017, www.theguardian.com/books/2017/jan/06/john-berger-remembered-by-geoff-dyer-olivia-laing-and-ali-smith

Bernal John Desmond, *The World, the Flesh and the Devil: An Enquiry into the Future of the Three Enemies of the Rational Soul*, 1929, www.marxists.org/archive/bernal/works/1920s/soul

Bhorat Ziyaad, *Lost in Space: Silicon Valley and the Future of Democracy*, „openDemocracy", 13 lipca 2016, www.opendemocracy.net/transformation/ziyaad-bhorat/lost-in-space-silicon-valley-and-future-of-democracy

Bishop Elizabeth, *Okolica przetwórni ryb*, przeł. Stanisław Barańczak [w:] *444 wiersze poetów języka angielskiego XX wieku*, Kraków 2017

Boden Margaret, *AI: Its Nature and Future*, Oxford University Press, 2016

Borges Jorge Luis, *Nowa refutacja czasu* [w:] *Dalsze dociekania*, przeł. Andrzej Sobol-Jurczykowski, Warszawa 1999

Boston Dynamics, *Atlas: The Next Generation*, 2016, www.youtube.com/watch?v=rVlhMGQgDkY

Bostrom Nick, *Why I Want To Be a Posthuman When I Grow Up* [w:] Gordijn Bert, Chadwick Ruth (red.), *Medical Enhancement and Posthumanity*, Springer, 2008

Bostrom Nick, *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*, przeł. Dorota Konowrocka-Sawa, Gliwice 2016

BP Statistical Review of World Energy, czerwiec 2015

Breton André, *Manifest surrealizmu*, przeł. Adam Ważyk [w:] *Surrealizm. Antologia*, Warszawa 1976

Brodbeck Luzius i in., *Morphological Evolution of Physical Robots through Model-Free Phenotype Development*, „PLOS One", 19 czerwca 2015, journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0128444

Brooks Michael, *Turing's Oracle: The Computer That Goes beyond Logic*, „New Scientist", 16 lipca 2014, www.newscientist.com/article/mg22329780-400-turingsoracle-the-computer-that-goes-beyond-logic

Burton Robert, *Anatomia melancholii*, przeł. Tadeusz Sławek, „Literatura na Świecie", nr 3/1995

Butler Declan, *A World where Everyone Has a Robot: Why 2040 Could Blow Your Mind*, „Nature", 530(7591), 2016

Butler Samuel, *Darwin among the Machines*, list do „The Press", 1863, nzetc.victoria.ac.nz/tm/scholarly/tei-ButFir-t1-g1-t1-g1-t4-body.html

Carr Nicholas, *Utopia is Creepy: And Other Provocations*, W.W. Norton & Co., 2016

Carter Mike, *I Walked from Liverpool to London. Brexit Was No Surprise*, „Guardian", 27 czerwca 2016, www.theguardian.com/commentisfree/2016/jun/27/liverpoollondon-brexit-leave-eu-referendum

Cave Stephen, *Rise of the Machines: Is There Anything to Fear?*, „Financial Times", 20 marca 2015, www.ft.com/content/2ada9748-cce5-11e4-b5a5-00144feab7de

Ceglowski Maciej, *Superintelligence: The Idea That Eats Smart People* (przemówienie wygłoszone podczas Webcamp Zagreb), 26 października 2016, idlewords.com/talks/superintelligence.htm

Chang Ha-Joon, *23 rzeczy, których nie mówią ci o kapitalizmie*, przeł. Barbara Szelewa, Warszawa 2013

Clancy Kelly, *A Computer to Rival the Brain*, „The New Yorker", 15 lutego 2017, www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/a-computer-to-rival-the-brain

Cole K.C., *Why You Didn't See It Coming*, „Nautilus", 15 października 2015, nautil.us/issue/29/scaling/why-you-didnt-see-it-coming

Cotton-Barratt Owen i in., *Global Catastrophic Risks 2016*, Global Challenges Foundation

Curry Andrew, *On Futures*, „Five Books", 19 czerwca 2015, fivebooks.com/interview/andrew-curry-on-futures

Davies William, *The New Neoliberalism*, „New Left Review", t. 101, wrzesień–październik 2016

de Mul Jos, *The Technological Sublime*, „Next Nature", 17 lipca 2011, www.nextnature.net/2011/07/the-technological-sublime

Deutsch David, *Philosophy Will Be the Key That Unlocks Artificial Intelligence*, „Guardian", 3 października 2012, www.theguardian.com/science/2012/oct/03/philosophy-artificial-intelligence

Drda Darrin, *The Selective Awareness of Wisdom 2.0*, „openDemocracy", 16 kwietnia 2014, www.opendemocracy.net/transformation/darrin-drda/selective-awareness-ofwisdom-20

Drexler Eric K., *Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology Will Change Civilization*, Public Affairs, 2013

Dyson Freeman, *The Green Universe: A Vision*, „The New York Review of Books", 13 października 2016, www.nybooks.com/articles/2016/10/13/green-universea-vision

Dyson George, *Turing's Cathedral: The Origins of the Digital Universe*, Penguin, 2013

Edin Kathryn J., Shaefer H. Luke, *$2.00 a Day: Living on Almost Nothing in America*, Houghton Mifflin Harcourt, 2015

Enriquez Juan, Gullans Steve, *Evolving Ourselves: Redesigning the Future of Humanity – One Gene at a Time*, Current, 2016

Ford Martin, *Świt robotów*, przeł. Katarzyna Łuniewska, Warszawa 2016

Frase Peter, *Cztery przyszłości. Wizje świata po kapitalizmie*, przeł. Maciej Szlinder, Warszawa 2018

Gaiman Neil, *How Stories Last* (wykład wygłoszony dla fundacji Long Now), 9 czerwca 2015, longnow.org/seminars/02015/jun/09/how- stories- last

Garland Alex, *Ex Machina*, Film4/DNA Films, 2015

Gillon Michael, Amaury Triaud, *Dwarf Planetary Systems Will Transform the Hunt for Alien Life*, „Aeon", 2 maja 2017, aeon.co/ideas/dwarf-planetary-systems-will-transform-the-hunt-for-alien-life

Gillon Michael i in., *Seven Temperate Terrestrial Planets around the Nearby Ultracool Dwarf Star TRAPPIST-1*, „Nature", 542(2762), 2017

Goodall Chris, *The Switch*, Profile Books, 2016

Harari Yuval Noah, *Homo Deus. Krótka historia jutra*, przeł. Michał Romanek, Kraków 2018

Harford Tim, *Adapt*, Abacus, 2011

Harford Tim, *Brexit and the Power of Wishful Thinking*, „Tim Harford", 19 lipca 2016, timharford.com/2016/07/brexit-and-the-power-of-wishful-thinking

Helbing Dirk i in., *Will Democracy Survive Big Data and Artificial Intelligence?*, „Scientific American", 25 lutego 2017, www.scientificamerican.com/article/will-democracy-survive-big-data-and-artificial-intelligence

Herzog Werner, *Lo i stało się. Zaduma nad światem w sieci*, Magnolia Pictures, 2016

Hopkins Gerard Manley, *Pstre piękno*, przeł. Stanisław Barańczak [w:] *Z Tobą, więc we Wszystkim. 222 arcydzieła angielskiej i amerykańskiej liryki religijnej*, Kraków 1992

Humphrey Nicholas, *The Colossus is a BFG*, „Edge", 2015, edge.org/responsedetail/26063

Huxley Aldous, *Tomorrow and Tomorrow and Tomorrow*, „Collected Essays", Harper, 1959

IEEE Spectrum, *Robots Falling Down at the DARPA Robotics Challenge*, 5 czerwca 2015, www.youtube.com/watch?v=g0TaYhjpOfo

Impey Chris, *Beyond: Our Future in Space*, W.W. Norton & Co, 2015

Ings Simon, *Stanisław Lem: The Man with the Future Inside Him*, „New Scientist", 16 listopada 2016, www.newscientist.com/article/mg23231002-100-stanislaw-lem-the-man-with-the-future-inside-him

Międzynarodowa Agencja Energetyczna, *World Energy Outlook*, 2016

Johnson Steven, *Małe wielkie odkrycia. Najważniejsze wynalazki, które odmieniły świat*, przeł. Bartosz Czartoryski, Kraków 2015

Jones Jonathan, *Out of This World: Why the Most Important Art Today Is Made in Space*, „Guardian", 12 czerwca 2016, www.theguardian.com/artanddesign/2016/jun/12/why-most-important-art-today-made-in-space

Jones Richard A.L., *Against Transhumanism* (e-book wydany własnym sumptem), „Soft Machines", 2016 www.softmachines.org/wordpress/?p=1772

Kelly Kevin, *Nieuniknione. Jak inteligentne technologie zmienią naszą przyszłość*, przeł. Piotr Cypryański, Warszawa 2017

Kelly Kevin, *The Next 30 Digital Years* (wykład wygłoszony dla fundacji Long Now), 14 lipca 2016, longnow.org/seminars/02016/jul/14/next-30-digital-years

Keynes John Maynard, *Economic Possibilities for Our Grandchildren* [w:] *Essays in Persuasion*, W.W. Norton & Co., 1963

Keynes John Maynard, *Some Economic Consequences of a Declining Population*, „The Eugenics Review", 29(1), 1937

Khatchadourian Raffi, *A Star in a Bottle*, „The New Yorker", 3 marca 2014

Kleeman Jenny, *The Race to Build the World's First Sex Robot*, „Guardian", 27 kwietnia 2017, www.theguardian.com/technology/2017/apr/27/race-to-build-world-first-sex-robot

KPMG India, *The Rising Sun: Disruption on the Horizon*, 2015, assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/01/ENRich2015.pdf

Kruze Ethan, *Kepler Orrery IV*, University of Washington, 2015

Kurzweil Ray, *Nadchodzi Osobliwość. Kiedy człowiek przekroczy granice biologii*, przeł. Eliza Chodkowska, Anna Nowosielska, Kraków 2014

LaFrance Adrienne, *When Robots Hallucinate*, „The Atlantic", 3 września 2015, www.theatlantic.com/technology/archive/2015/09/robots-hallucinate-dream/403498

Lanchester John, *The Robots Are Coming*, „London Review of Books", 5 marca 2015, www.lrb.co.uk/v37/n05/john-lanchester/the-robots-are-coming

LeCun Yann i in., *Deep Learning*, „Nature", 521 (7553), 2015

Le Guin Ursula, przemówienie podczas ceremonii przyznania medalu National Book Foundation za szczególne zasługi dla amerykańskiej literatury, 2014, www.nationalbook.org/amerletters_2014_uleguin.html#.WMXzABKLRLU

Lem Stanisław, *Głos Pana*, Kraków 2016

Lem Stanisław, *Solaris*, Kraków 2012

Lem Stanisław, *Summa technologiae*, Warszawa 2010

Liu Cixin, *Wspomnienie o przeszłości Ziemi*, przeł. Andrzej Jankowski, Poznań 2017

Louden Tom, Wheatley Peter J., *Spatially Resolved Eastward Winds and Rotation of HD 189733b*, „The Astrophysical Journal Letters", 84 (2), 2015

Louwen Atse i in., *Re-Assessment of Net Energy Production and Greenhouse Gas Emissions Avoidance after 40 Years of Photovoltaics Development*, „Nature Communications", nr 7, 2016

Mailer Norman, *Na podbój Księżyca*, przeł. Ewa i Lesław Adamscy, Warszawa 1978

Marcus Gary, *Why We Should Think about the Threat of Artificial Intelligence*, „The New Yorker", 24 października 2013, www.newyorker.com/tech/annals-oftechnology/why-we-should-think-about-the-threat-of-artificial-intelligence

Margolin Madison, *War Algorithms Will Save Lives Unless They Kill Us All*, „Inverse", 16 grudnia 2016, www.inverse.com/article/25140-war-algorithms

Martin Ursula, *Thinking Saltmarshes*, „Edge", 2015, www.edge.org/response-detail/26120

Marks Karol, *Ideologia niemiecka*, przeł. K. Błeszyński i S. Filmus [w:] K. Marks, F. Engels, *Dzieła*, t. 3, Warszawa 1961

Mason Michael i in., *The Potential of CAM Crops as a Globally Significant Bioenergy Resource*, „Energy and Environmental Science", t. 8, 2015

McKay Chris, *Make Mars Great Again*, „Nautilus", 15 grudnia 2016, nautil.us/issue/43/heroes/make-mars-great-again

Mendelson Edward, *In the Depths of the Digital Age*, „New York Review of Books", 23 czerwca 2016, www.nybooks.com/articles/2016/06/23/depths-of-the-digital-age

Mordvintsev Alexander i in., *Inceptionism: Going Deeper into Neural Networks*, 17 czerwca 2015, ai.googleblog.com/2015/06/inceptionism-going-deeper-into-neural.html

Morris William, *Wieści z Nikąd. Powieść utopijna*, przeł. Maria Feldmanowa, Lwów 1902

Moskvitch Katia, *Artificial Photosynthesis: Mimicking Nature's Most Powerful Trick*, „Engineering and Technology Magazine", 9 listopada 2015, eandt.theiet.org/content/articles/2015/11/artificial-photosynthesis-mimicking-natures-most-powerful-trick

Mukherjee Siddhartha, *Gen. Ukryta historia*, przeł. Jan Dzierzgowski, Wołowiec 2016

Hodson Hal, *The Rapid Rise of Neural Networks and Why They'll Rule Our World*, „New Scientist", 8 lipca 2015, www.newscientist.com/article/mg22730291-900-the-rapidrise-of-neural-networks-and-why-theyll-rule-our-world

Nielsen Michael, *Is AlphaGo Really Such a Big Deal?*, „Quanta Magazine", 29 marca 2016, www.quantamagazine.org/is-alphago-really-such-a-big-deal-20160329

Nietzsche Fryderyk, *Tako rzecze Zaratustra*, przeł. Wacław Berent, Poznań 1995

Nocera Daniel i in., *Water Splitting–Biosynthetic System with CO2 Reduction Efficiencies Exceeding Photosynthesis*, „Science", 352(6290), 2016

Nordhaus William D., *Do Real Output and Real Wage Measures Capture Reality? The History of Lighting Suggests Not* (1994) [w:] Bresnahan Timothy F., Gordon Robert J. (red.), *The Economics of New Goods*, University of Chicago Press, 1996

Nyquist Eric, *Running is Always Blind: How Your Brain Keeps You from Falling On Your Face*, „Nautilus", 7 lipca 2016, nautil.us/issue/38/noise/running-is-always-blind

Biuro prasowe Sekretarza Obrony, *Perdix Swarm Demo Oct 2016* [w:] www.dvidshub.net/video/504622/perdix-swarm-demo-oct-2016

Oreskes Naomi, Conway Erik M., *Upadek cywilizacji zachodniej. Spojrzenie z przyszłości*, przeł. Ewa Bińczyk, Jakub Gużyński, Krzysztof Tarkowski, Warszawa 2017

Osnos Evan, *Doomsday Prep for the Super-Rich*, „The New Yorker", 30 stycznia 2017, www.newyorker.com/magazine/2017/01/30/doomsday-prep-for-the-super-rich

Pamlin Dennis, Armstrong Stuart, *12 Risks That Threaten Civilisation*, Oxford Martin School, 2015

Parfit Derek, *On What Matters*, t. 3, Oxford University Press, 2017

Pecchi Lorenzo, Piga Gustavo, *Revisiting Keynes*, MIT Press, 2008

Radiohead, *Daydreaming* (teledysk w reżyserii Paula Thomasa Andersona), 2016, www.youtube.com/watch?v=TTAU7lLDZYU

Raworth Kate, *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*, Random House Business, 2017

Regis Ed, *Let's Not Move to Mars*, „New York Times", 21 września 2015, www.nytimes.com/2015/09/21/opinion/lets-not-move-to-mars.html

Reid Nicholas i in., *Indigenous Australian Stories and Sea-Level Change* [w:] Heinrich Patrick, Ostler Nicholas (red.), *Indigenous Languages and Their Value to the Community*, sprawozdanie z 18. konferencji Fundacji na rzecz Zagrożonych Języków, Okinawa 2014

Przegalińska Aleksandra, *Transhumanizm – kierunki i perspektywy*, „Filozofuj!", 6/2017

REN21, *Renewables 2016 Global Status Report*, www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report

Romesberg Floyd E. i in., *A Semisynthetic Organism Engineered for the Stable Expansion of the Genetic Alphabet*, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 114(6), 2016

Russell Andrew, Vinsel Lee, *Whitey on Mars*, „Aeon", 1 lutego 2017, aeon.co/essays/is-a-mission-to-mars-morally-defensible-given-todays-real-needs

Shanahan Murray, *The Technological Singularity*, MIT Press, 2015

Shanahan Murray, *Conscious Exotica*, „Aeon", 19 października 2016, aeon.co/essays/beyond-humans-what-other-kinds-of-minds-might-be-out-there

Simonite Tom, *Google's Quantum Dream Machine*, „MIT Technology Review", 18 grudnia 2015, www.technologyreview.com/s/544421/googles-quantum-dreammachine

Smith Zadie, *On Optimism and Despair*, „New York Review of Books", 22 grudnia 2016, www.nybooks.com/articles/2016/12/22/on-optimism-and-despair

Sofokles, *Antygona*, przeł. Nikos Chadzinikolau [w:] *Trzy dramaty*, Poznań 2008

Sparrow Robert, *The Argument against Terraforming Mars*, „Nautilus", 2016, cosmos.nautil.us/short/85/the-argument-against-terraforming-mars

Streeck Wolfgang, *How Will Capitalism End?*, „New Left Review", t. 81, maj–czerwiec 2014

Sussams Luke i in., *Expect the Unexpected: The Disruptive Power of Low-Carbon Technologies*, Carbon Tracker/Grantham Institute, Imperial College London, 2017, www.carbontracker.org/reports/expect-the-unexpected-the-disruptive-power-of-lowcarbon-technology

Upton John, *Ancient Sea Rise Tale Told Accurately for 10,000 Years*, „Scientific American", 26 stycznia 2015, www.scientificamerican.com/article/ancient-sea-rise-tale-told-accurately-for-10-000-years

Urban Tim, *How and Why Spacex Will Colonise Mars*, „Wait But Why", 16 sierpnia 2015, waitbutwhy.com/2015/08/how-and-why-spacex-will-colonize-mars.html

różni autorzy, odpowiedzi na pytanie: *What Do You Think about Machines That Think?*, „Edge", 2015, www.edge.org/annual-question/what-do-you-think-about-machines-that-think

Webster C.R. i in., *Mars Methane Detection and Variability at Gale Crater*, „Science", 347(6220), 2015

Wenger Albert, *World after Capital*, 2016, worldaftercapital.org

Wheeler Michael, *Martin Heidegger*, Zalta Edward N. (red.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2015, plato.stanford.edu

Winfield Alan, Vanderelst Dieter, *The Dark Side of Ethical Robots*, 2016, arxiv.org/abs/1606.02583

Wood David i in., *Anticipating 2025: A Guide to the Radical Changes That May Lie Ahead*, London Futurists, 2014

Światowe Stowarzyszenie Nuklearne, *Plans for New Reactors Worldwide* [online], 2016, www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx

Yong Ed, *What Can You Actually Do with Your Fancy Gene-Editing Technology? Wading through the Hype about CRISPR*, „The Atlantic", 2 grudnia 2015, www.theatlantic.com/science/archive/2015/12/what-can-you-actually-do-with-your-fancy-gene-editing-technology/418377

Yunipingu Galarrwuy, *Rom Watangu: An Indigenous Leader Reflects on a Lifetime Following the Law of the Land*, „The Monthly", lipiec 2016, www.themonthly.com.au/issue/2016/july/1467295200/galarrwuy-yunupingu/rom-watangu

Zhang Xiaochun, Caldeira Ken, *Time Scales and Ratios of Climate Forcing Due to Thermal Versus Carbon Dioxide Emissions From Fuels*, „Geophysical Research Letters", 42(11), 2015

POSŁOWIE

Alexander Stephon, *Jazz i fizyka. Tajemniczy związek muzyki ze strukturą wszechświata*, przeł. Tomasz Krzysztoń, Warszawa 2017

Augustyn Św., *Wyznania*, przeł. Zygmunt Kubiak, Kraków 2018

Beckett Samuel, *Czekając na Godota*, przeł. Antoni Libera, Warszawa 1985

Benjamin Walter, *O pojęciu historii* (1940), przeł. Krystyna Krzemieniowa [w:] *Anioł historii*, Poznań 1996

Brent Tully R. i in., *The Laniakea Supercluster Galaxies*, „Nature", 513(7516); zob. też: *Laniakea: Our Home Supercluster*,, „Nature", 3 września 2014, www.youtube.com/watch?v=rENyyRwxpHo

Browne Thomas, *Hydriotaphia, or Urn Burial*, „New York Review Books", 2012

Cooper Alan i in., *Aboriginal Mitogenomes Reveal 50,000 Years of Regionalism in Australia*, „Nature", 8 marca 2017, www.nature.com/articles/nature21416

Eliot T.S., *Cztery kwartety: Little Gidding*, przeł. Krzysztof Boczkowski [w:] *Szepty nieśmiertelności*, Toruń 2013

Gonzalez-Jimenez M. i in., *Observation of Coherent Delocalized Phonon-Like Modes in DNA under Physiological Conditions*, „Nature Communications", t. 7, art. 11799, 2016

Hopkins Gerard Manley, *Drzewa w Binsey*, przeł. Stanisław Barańczak [w:] *Z Tobą, więc ze Wszystkim*, dz. cyt.

Jaspers Karl, występ radiowy [za:] Bakewell Sarah, *Kawiarnia egzystencjalistów*, przeł. Aleksandra Paszkowska, Warszawa 2018

Jefferies Richard, *The Story of My Heart*, www.gutenberg.org/ebooks/2317

Johnson Ronald, *What the Leaf Told Me* [w:] *The Book of the Green Man*, Uniform Books, 2015

Krause Bernie, *The Great Animal Orchestra*, Little, Brown & Company, 2012

Larkin Philip, *Tutaj*, przeł. Stanisław Barańczak [w:] *44 wiersze*, Kraków 1991

Leopold Aldo, *Round River: From the Journals of Aldo Leopold*, Oxford University Press, 1993

Lukrecjusz, *O naturze wszechrzeczy*, przeł. Edward Szymanowski, Warszawa 1957

Macfarlane Robert, *Szlaki. Opowieści o wędrówkach*, przeł. Jacek Konieczny, Poznań 2018

MacNeice Louis, *Entirely* [w:] *Selected Poems*, Faber & Faber, 1964

Merleau-Ponty Maurice, *Wątpienie Cézanne'a* [w:] tegoż, *Oko i umysł*, przeł. Maryna Ochab, Gdańsk 1996

Messiaen Olivier, *Les ressuscites et le chant de l'etoile Aldebaran*, fragment *Des canyons aux étoiles I/51*, Roger Muraro (wykonanie), Orchestre Philharmonique de Radio France, Myung-Whun Chung, Deutsche Gramaphon, 2003

Mishra Pankaj, *The Age of Anger: A History of the Present*, Farrar, Straus and Giroux, 2017

Nietzsche Fryderyk, *Wędrowiec i jego cień*, przeł. Konrad Drzewiecki, Kraków 2010

Nussbaum Martha, *Political Emotions*, Harvard University Press, 2013

Nussbaum Martha, *Gniew i przebaczenie. Uraza, wielkoduszność, sprawiedliwość*, przeł. Joanna Kolczyńska, Warszawa 2016

Parfit Derek, *On What Matters*, t. 3, Oxford University Press, 2017

Purdy Jedediah, *After Nature*, Harvard University Press, 2015

Ruff Willie, Rogers John, *The Harmony of the Word: A Realisation for the Ear of Johannes Kepler's Astronomical Data from Harmonices Mundi 1619* (płyta muzyczna), Kepler Label, 2011

Saint-Exupéry Antoine de, *Ziemia, planeta ludzi*, przeł. Wiera i Zbigniew Bieńkowscy, Warszawa 2002

Schulz Kathryn, *When Things Go Missing*, „The New Yorker", 13 i 20 lutego 2017, www.newyorker.com/magazine/2017/02/13/when-things-go-missing

Shakespeare William, *Sonety*, przeł. Stanisław Barańczak, Kraków 2012

Shriver Lionel, *Lionel Shriver Reads T. C. Boyle* (podcast na temat *Chicxulub* T.C. Boyle'a), „The New Yorker", 31 sierpnia 2015, www.newyorker.com/podcast/fiction/lionel-shriver-reads-t-c-boyle

Solnit Rebecca, *Coyote*, „The New Yorker", 22 grudnia 2014, www.newyorker.com/magazine/2014/12/22/coyote-2

Solnit Rebecca, *Nadzieja w mroku. Nieznane opowieści, niebywałe możliwości*, przeł. Anna Dzierzgowska, Sławomir Królak, Kraków 2019

Waits Tom, *Misery Is the River of the World* [w:] *Blood Money*, ANTI, 2002

Wheeler John, *Quantum Ideas, Quantum Foam*,, „Web of Stories", www.webofstories.com/play/john.wheeler/77

Wittgenstein Ludwig, *Dociekania filozoficzne* (1958), przeł. Bogusław Wolniewicz, Warszawa 2008

Źródła ilustracji

Autor i wydawca oryginału dołożyli wszelkich starań, żeby odnaleźć właścicieli praw autorskich do zawartych w książce ilustracji.

strona

6 Henry Holiday, ilustracja w *Wyprawie na Żmirłacza* Lewisa Carrolla. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

17 Jaskinia rąk w dolinie rzeki Pinturas, UNESCO Creative Commons.

29 Albrecht Dürer, *Melancholia I*. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

43 Olaf (Ole) Rømer, diagram prędkości światła. Diagram zaćmienia księżyca Io przez Jowisza, widzianego z różnych punktów na orbicie Ziemi wokół Słońca. *Demonstration touchant le mouvement de la lumiere trouvé par M. Römer de l'Académie Royale des Sciences*, 7 grudnia 1676. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

46 Philip Ronan i Gringer, światło widzialne jako wycinek spektrum elektromagnetycznego. Wikimedia Commons. © Philip Ronan, Gringer / Wikimedia Commons 2013.

48 Roland Deschain, rodopsyna. © 2006. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

50 Ben Conrad, Ben Conrad w hełmie i kostiumie składającym się ze 135 aparatów otworkowych, 1994. Dzięki uprzejmości Palace of

Governors Photo Archives (NMHM / DCA).

57 (*po lewej*) Marin Cureau de la Chambre, tęcza. Z książki *The Rainbow: From Myth to Mathematics* Carla B. Boyera, Princeton University Press, 1987; (*po prawej*) Kartezjusz, tęcza. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

59 Thomas Young, eksperyment z dwuszczelinowym interferometrem © 2016. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

60 Isaac Newton, koło barw © 2016. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

63 Leonardo da Vinci, szkic światła popielatego. Ilustracja pochodząca z *Kodeksu Leicester*.

65 Galileusz, plamy na Słońcu. Obrazy otrzymane od The Galileo Project i pozyskane z egzemplarza pierwszego wydania *Istoria e dimostrazioni* należącego do profesora Owena Gingericha.

66 Athanasius Kircher, Słońce. Biblioteka Bodjelańska, Uniwersytet Oksfordzki, Douce K 148, ilustracja na stronach 64–65 (Tomus I.180).

75 Ilustracja wykonana na zlecenie wydawcy według wytycznych autora.

79 Dżety wyrzucane przez czarną dziurę w galaktyce Centaurus A © ESO / WFI (obserwacja optyczna); MPIfR / ESO / APEX / A. Weiss i in. (obserwacja submilimetrowa); NASA / CXC / CfA / R. Kraft i in. (obserwacja rentgenowa).

81 Jean-Pierre Luminet, *Czarna dziura* (1978). Przedruk za zgodą Jeana-Pierre'a Lumineta.

90 Ilustracja odtworzona przez wydawcę na podstawie oryginału: NASA (Jennifer Johnson), Pochodzenie pierwiastków Układu

Słonecznego. © ESA / NASA / AASNova. Autorka grafiki: Jennifer Johnson.

91 HL Tauri © ALMA / ESO (NAOJ) / NRAO.

92 Thea © NASA / JPL-Caltech.

99 Athanasius Kircher, Ziemia (ogień). Biblioteka Bodlejańska, Uniwersytet Oksfordzki, Douce K 148, ilustracja na s. 114–115 (Tomus I v.15).

100 Athanasius Kircher, Ziemia (woda). Biblioteka Bodlejańska, Uniwersytet Oksfordzki, Douce K 148, ilustracja na s. 180–181 (Tomus I v. 64).

104–105 Główne szlaki metaboliczne wewnątrz komórki © 2017 F. Hoffman-La Roche Ltd.

106 Wilson Bentley, Płatki śniegu. Wilson Betley Digital Archives, Jericho Historical Society / snowflakebentley.com.

107 NASA, wydmy barchanowe na Marsie. NASA / JPL / Uniwersytet Arizony. Przedruk za zgodą.

108 Fale dźwiękowe na płycie Chladniego. physics.stackexchange.com/questions/90021/theory-behind-patterns-formed-on-chladni-plates.

110 Głęboki czas przedstawiony jako ludzka ręka. Przerysowane przez wydawcę z modyfikacjami autora w oparciu o nautil.us/issue/17/big-bangs/the-greatest-animal-war.

113 RNA i DNA. Sponk / Widimedia Commons / CC BY-S.A. 3.0.

119 Rybosom bakterii © David S. Goodsell i RCSB Protein Data Bank. Przedruk za zgodą Davida Goodsella.

122 syntaza ATP © David S. Goodsell i RCSB Protein Data Bank. Przedruk za zgodą Davida Goodsella.

133 Leonardo da Vinci, RCIN 919073 Verso: Badania nad naczyniami wieńcowymi i zastawkami serca. Royal Collection Trust / © JKM Królowa Elżbieta II 2017.

137 Uproszczony schemat serca. Wikimedia Commons. CC BY-S.A. 3.0. © 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc. Pozwolenie udzielone na warunkach Licencji Wolnej Dokumentacji GNU, wersja 1.3 i każda późniejsza wersja opublikowana przez Free Software Foundation.

138 Rezonans magnetyczny włókien serca w kształcie „ptasiego gniazda" © Laurence Jackson.

143 Richard Wheeler, cząsteczka hemoglobiny. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

146 Henry Vandyke Carter, embriologiczny rozwój serca. Z podręcznika *Gray. Anatomia*.

152 Robert Fludd, boski monochord. SLUB Dresden / Deutsche Fotothek.

156 Stare mapy prądów oceanicznych. Przedruk z działu rzadkich ksiąg i zbiorów specjalnych, Princeton.

157 NASA Perpetual Ocean © NASA / SVS (Scientific Visualisation Studio).

161 Kołujące stado szpaków. www.murmuration.community.

170 Santiago Ramón y Cajal, dendryt i las komórek. Trzy rysunki pochodzące z książki *Comparative Study of the Sensory Areas of the Human Cortex*, s. 314, 361 i 363. Po lewej: zabarwiona za pomocą metody Nissla kora wizualna dorosłego człowieka. W środku: zabarwiona za pomocą metody Nissla kora ruchowa dorosłego człowieka. Po prawej: zabarwiona za pomocą metody Golgiego kora półtorarocznego dziecka.

173 Płaty kory mózgowej. Ilustracje ze strony internetowej Instytutu Badań nad Mózgiem uniwersytetu w Queensland.

174 Śródmózgowie. Ilustracja z podręcznika internetowego *Anatomy & Physiology* © Wikimedia Commons / OpenStax College.

175 Henry Vandyke Carter, tyłomózgowie. Z podręcznika *Gray. Anatomia*.

177 Homunkulus Penfielda. i.pinimg.com/736x/e3/a5/98/e3a598678b4b8b6d0f4418e865fdb0d8-homunculus-brain-emergency-medicine.jpg.

178 Teatr pamięci. Ilustracja z *L'idea del teatro* Giulia Camillo.

189 Leonardo da Vinci, RCIN 919058 Recto: Podział mózgoczaszki. Royal Collection Trust / © JKM Królowa Elżbieta II 2017.

190 Thomas Willis, Anatomia mózgu, 1664. Muzeum Historii Nauki, Oxford.

191 Thomas Willis, Mapa nerwów. Ilustracja z: Thomas Willis, *Cerebri anatome: cui accesit nervorum descriptio et usus*, Typis T. Roycroft, Impensis J. Martyn & J. Allestry, London 1664. Przedruk za zgodą Lilly Library, Uniwersytet Bloomington w Indianie.

193 Fale mózgowe. Przerysowane na zlecenie wydawcy z www.makeuseof.com/tag/tapping-brainwaves-will-brains-soon-hackable/.

194 Santiago Ramón y Cajal, Mikroskopijna struktura mózgu, 1904. Scence Source / Scence Photo Library.

218 Abraham Ortelius, Islandia. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

227 Art Wolfe, Taniec żurawi mandżurskich © Art Wolfe / artwolfe.com.

231 Robin Carhart-Harris, Wzmożona aktywność mózgu pod wpływem psylocybiny. Ilustracja z G. Petri, P. Expert,

F. Turkheimer, R. Carhart-Harris, D. Nutt, P.J. Hellyer, F. Vaccarino, *Homological Scaffolds of Brain Functional Networks*, „Proceedings of the Royal Society Interface", 6 grudnia 2014, t. II, nr 101.

247 Francisco Goya, *Aún aprendo* © Museo National del Prado.

252 (*z lewej*) Sir Roger Penrose, Trzy światy; (*z prawej*) Sir Roger Penrose, Trójkąt Penrose'a. Wikimedia Commons © 2007. Wykorzystane na licencji CC BY-SA 2,5.

253 Detale z *Mappa mundi* z Hereford (ok. 1300 rok), katedra w Hereford.

254 *Mappa mundi* z Hereford (ok. 1300 rok), katedra w Hereford.

255 Muhammad Al-Idrisi, mapa z *Księgi Rogera* (1154). Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons © 2013.

256 Charles Minard, mapa z 1869 roku pokazująca liczbę żołnierzy w armii Napoleona podczas kampanii rosyjskiej z 1812 roku, ich ruchy, a także temperaturę, jaką zastali w drodze powrotnej. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons © 2008.

257 Benjamin Hennig, Współczesna *Mappa mundi* © Benjamin Hennig, Worldmapper Project (obraz opublikowany na www.viewsofhteworld.net).

263 Thomas Dawson, rysunek Linton Panel © Thomas Dawson, 1987. archaeology-travel.com/friday-find/linton-panel/.

266 Gwiezdny kompas, Polinezyjskie Towarzystwo Podróżnicze (PVS).

268 Bibi Saint-Pol, Mapa świata Anaksymandra. Obraz oparty na ilustracji w *An Introduction to Early Greek Philosophy* Johna Mansleya Robinsona (Houghton and Mifflin, 1968). Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons © 2006.

270 EA1978.2573. Archanioł Gabriel podtrzymujący osiem sfer niebieskich. Strona z manuskryptu *The Wonders of Creation* Zachariasza Al-Quazwiniego © Ashmolean Museum, Uniwersytet Oksfordzki.

275 Thomas Wright, Modele galaktyk. Biblioteka Bodlejańska, Uniwersytet Oksfordzki, Rigaud d. 170, tablica XXVII.

279 Pomost pomiędzy dwiema galaktykami. NASA, ESA i Hubble Heritage Team (STCcI / AURA). Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons.

280 Fragment filmu *Scenka ogrodu z Roundhay*. National Science and Media Museum, Bradford.

283 David Parker, *Oracle 1*. Reprodukcja za zgodą Davida Parkera.

287 Alexander von Humboldt, Rozmieszczenie formacji roślinnych w Ameryce Równikowej według wysokości nad poziomem morza. Rysunek wykonany przez George'a Aikmana © Geographic / Wikimedia Commons.

289 Galileusz, fazy Księżyca. Udostępnione w domenie publicznej na Wikimedia Commons © 2016.

291 (*góra*) Martin Gusinde, Télil, Shénu © 1923 Martin Gusinde / Anthropos Instytut / Éditions Xavier Barral; (*dół*) Detal *Mappa mundi* z Hereford, przerysowany na zlecenie wydawcy.

301 Zintegrowany plan kosmiczny © Rockwell International, Wydział Systemów Transportu Kosmicznego.

309 Stellarator Wendelstein 7-X. Przedruk za zgodą Instytutu Fizyki Plazmowej Maxa Plancka.

311 Reuben Wu, Panele słoneczne. Crescent Dunes Solar Energy Project © Reuben Wu 2017.

314 Darius Siwek, sztuczny liść © Kalifornijski Instytut Technologii.

316 *Ekstremalnie Głębokie Pole* (2012), *Hubble Gors to the eXtreme to Assemble Farthest-Ever View of the Universe* © NASA; ESA; G. Illingworth, D. Magee i P. Oesch, Uniwersytet Kalifornijski w Santa Cruz; R. Bouwens, Uniwersytet w Lejdzie; i zespół HUDF09.

332 Murray Shanahan, Spektrum wszystkich możliwych umysłów © Shanahan, M. *Conscious Exotica*. „Aeon", październik 2016.

337 Wykres rzeczywistej produkcji i poziomu zatrudnienia w Stanach Zjednoczonych w latach 1980–2015. Przerysowane na zlecenie wydawcy. Dane pochodzą z The Brookings Institute.

345 Słup na Maplin Sands. Zdjęcie wykonane przez autora.

350 Paul Klee, *In Engelshut*. Przekazane Wikimedia Commons przez Muzeum im. Solomona R. Guggenheima w ramach projektu współpracy.

Przypisy

[1] Dalsze poszukiwania warto zacząć od dwóch pozycji: *Wonders and the Order of Nature: 1150–1750* Katharine Park i Lorraine Daston oraz *Wiek cudów* Richarda Holmesa.

[2] W języku polskim *wonder* nie ma jednego odpowiednika. Może być zarówno rzeczownikiem, „cud", „dziw", „zdumienie", „zachwyt", jak i czasownikiem, „dziwić się", „zastanawiać", „zachwycać". Stąd tłumaczone jest w różnych wariantach (przyp. tłum.).

[3] W opowiadaniu *Undr* Jorge Luis Borges czyni z „cudu" słowo pierwsze, pierwotne („ur-word") – które poprzedza i zastępuje wszystkie inne słowa. Z kolei zdaniem Ralpha Waldo Emersona „choć geneza większości naszych słów odeszła w zapomnienie, każde z nich miało w swej początkowej fazie rys geniuszu i każde weszło do obiegu, gdyż przez moment symbolizowało świat, zarówno dla pierwszego mówcy, jak i jego słuchacza".

[4] „Wyobraźnia [jest] narzędziem pozwalającym nadać sens światu nieskończonych możliwości poprzez ich redukcję" (Michael Lewis).

[5] „Niczym nieuzasadnione lingwistyczne bariery rozbijają jedność, z jaką objawia się nam natura. Zarówno małpy, jak i ludzie nie mieli wystarczająco czasu, by, niezależnie od siebie, rozwinąć uderzająco podobne zachowania" (Frans de Waal).

[6] „Wygięcie karku zwierzęcia, ustawienie jego pyska czy też energia towarzysząca napięciu mięśni zadu zostały odtworzone [na malowidłach w grocie Chauveta] w porywie przy jednoczesnym zachowaniu pełnej kontroli. Podobne wrażenie możemy odnieść, obcując z dziełami Fra Filippa Lippiego, Velázqueza i Brâncuşiego" (John Berger).

[7] Po pierwszym teście broni atomowej o kryptonimie Trinity fizyk Robert Oppenheimer wypowiedział słynne zdanie pochodzące z *Bhagawadgity*: „Teraz stałem się Śmiercią, niszczycielem światów". Jednak bardziej precyzyjne tłumaczenie tego cytatu powinno brzmieć: „Jestem wszechpotężnym Czasem, który niszczy wszystko". Mimo tego najważniejszym przesłaniem, jakie niesie święta księga hinduizmu, jest radość.

[8] „Niech cała ziemia boi się Pana / i niech się go lękają wszyscy mieszkańcy świata” (Psalm 33,8; Biblia Tysiąclecia).

[9] „[W Anglii] nie dadzą oni miedziaka, by wspomóc chromego żebraka, lecz wyłożą dziesięć, by ujrzeć martwego Indianina” (*Burza*, przeł. Maciej Słomczyński).

[10] Wedle schematu Kartezjusza pierwotne namiętności, obok podziwu, to miłość, nienawiść, pożądanie, radość i smutek.

[11] Atmosferyczny silnik parowy Thomasa Newcomena – będący zwiastunem antropocenu – został zainstalowany do wypompowania wody w kopalni węgla w 1712 roku.

[12] „Zdumienie, nie zaś oczekiwanie jakichkolwiek korzyści z będących jego następstwem odkryć, stanowi nadrzędną zasadę skłaniającą rodzaj ludzki ku studiowaniu Filozofii – nauki, która dąży do odsłonięcia ukrytych związków łączących rozmaite przejawy natury. Ludzkość zgłębia ją dla niej samej, widząc w niej pierwotną przyjemność lub dobro samo w sobie i nie zważając na narzędzia, jakich może dostarczyć na polu osiągania innych przyjemności” (Adam Smith).

[13] Dorosły Amerykanin spędza przed ekranem średnio siedemdziesiąt cztery godziny tygodniowo i ta liczba wciąż rośnie. Miliony bezrobotnych, nieposzukujących pracy młodych mężczyzn całymi dniami wpatruje się w ekrany telewizorów i komputerów, będąc pod wpływem narkotyków.

[14] „Istnieje cel, ale nie ma drogi; to, co nazywamy drogą, jest wahaniem” (Franz Kafka).

[15] Parafraza słów Kapitana Czarnego z bajki *Cudowne O* Jamesa Thurbera (przyp. tłum.).

[16] Resentyment, termin filozoficzny Sørena Kierkegaarda, to stan umysłu wywołany przez stłumioną nienawiść lub zazdrość, których realizacja została zablokowana. Albert Camus, odwołując się do innego filozofa, Maxa Schelera, określił go mianem „samozatrucia, zgubnego wewnętrznego wydzielania nieustającej bezsilności”.

[17] W przekładzie Józefa Paszkowskiego.

[18] „Życie nasze to pokusa w czystej postaci. Któż bowiem jest zdolny znieść jego trudy i znoje? Gdy dobrze nam się wiedzie, budzi się w nas zuchwałość i stajemy się nie do zniesienia, gdy przychodzi nam zmagać się z przeciwnościami losu, ogarnia nas przygnębienie, niezależnie zaś od zmiennych kolei losu, zawsze towarzyszy nam głupota i marność istnienia” (Robert Burton).

[19] Zdaniem Freuda melancholia charakteryzuje się „głębokim i bolesnym zniechęceniem, ustaniem zainteresowania światem zewnętrznym, utratą zdolności

do kochania, zahamowaniem każdej sprawności i spadkiem samopoczucia wyrażającym się w formie zarzutów i pretensji kierowanych pod własnym adresem, posuwającym się aż do obłędnego oczekiwania kary".

[20] W powieści Alana Moore'a *Jerusalem* banda archaniołów gra w bilard o ludzkie dusze w obskurnym klubie w Northampton.

[21] „I" w tytule *Melancholia I* może sugerować, że rycina miała być pierwszą z cyklu. Jeśli tak, następne albo nie powstały, albo nie przetrwały do dziś. Jest też możliwość, że „I" odnosi się do imaginacji – pierwszej i najniższej z trzech składowych geniuszu, obok rozumu i najważniejszej duszy – albo do łacińskiego *ite*, formy czasownika iść/odchodzić. Tytuł ryciny znaczyłby wówczas mniej więcej: „Odejdź, melancholio".

[22] Na przykład nakreślony przez Leonarda plan rozprawy zatytułowanej *O naturze, ciężarze i ruchach wody* zakłada powstanie piętnastu osobnych tomów. Szkic zawiera mnóstwo notatek dotyczących rozmaitych zjawisk, których analiza wymaga sumiennej obserwacji, jednak ostatecznie Leonardo nie zrealizował swojego projektu, ponieważ nie zgłębiał tematu systematycznie.

[23] Zgodnie z założeniami współczesnej fizyki cząstki elementarne dzielą się na dwie grupy: o liczbie spinowej ½ (tzw. fermiony o spinie połówkowym), które tworzą materię, oraz o liczbie spinowej z zakresu 0, 1 i 2 (tzw. bozony o spinie całkowitym) przenoszące oddziaływania. Podczas gdy dwa fermiony nigdy nie mogą znaleźć się w tym samym miejscu jednocześnie, w przypadku bozonów nie istnieją w tym względzie żadne ograniczenia.

[24] Albert Einstein wcale nie przejawiał wybitnych zdolności matematycznych, lecz, podobnie jak Galileusz, uznawał potęgę matematyki wynikającą z możliwości objaśniania nią świata. Wciąż jednak pozostawało zagadką, dlaczego tak się dzieje. „Najbardziej niezrozumiałą rzeczą dotyczącą świata – pisał Einstein – jest to, że jest on zrozumiały". Z kolei fizyk James Hartle ma na to bardzo prostą odpowiedź: „Świat musi być zrozumiały, by systemy gromadzenia i wykorzystywania informacji, w tym istoty ludzkie, w ogóle mogły istnieć".

[25] „Nie istnieje chyba bardziej wzniosłe pytanie niż o to, dlaczego istnieje wszechświat" (Derek Parfit).

[26] W 1515 roku Dürer z pomocą dwóch profesjonalnych astronomów stworzył pierwszą drukowaną mapę gwieździstego nieba, przedstawiającą dwie półkule. Co ciekawe, w przypadku półkuli południowej artysta zostawił puste połacie całkiem sporych rozmiarów z myślą o... przyszłych odkryciach.

[27] Hume dowodził, między innymi, że prawa natury są niezmienne, a ludzkiemu świadectwu nie można ufać.

[28] Cardano, wybitny uczony, często był bez grosza. Awantury związane z jego długami hazardowymi ponoć czasem kończyły się walką na noże. Jego *Liber de ludo aleae* [Księga o grach losowych] z 1564 roku to pierwsze systematyczne podejście do prawdopodobieństwa w matematyce europejskiej. Podobno obstawił datę swojej śmierci; zagwarantował sobie wygraną, popełniając w wyznaczonym dniu samobójstwo.

[29] Na początku lat osiemdziesiątych XX wieku Thomas sporządził własną listę siedmiu cudów, zostawiając największy na sam koniec:

1) bakterie żyjące w kominach termalnych na dnie oceanów;

2) *oncideres* – rodzaj chrząszcza żyjącego na krzewach mimozy;

3) wirus wywołujący kołowaciznę;

4) komórki receptorów węchowych;

5) termity;

6) ludzkie dziecko;

7) świat rozumiany jako żywy organizm.

[30] Słowa Ludwiga Wittgensteina „Wystarczy mała myśl, aby wypełnić nią całe życie" same w sobie wystarczyły, żeby wypełnić niezwykłą kompozycję muzyczną Steve'a Reicha pt. *Proverb*.

[31] „Dwie rzeczy napełniają umysł coraz to nowym i wzmagającym się podziwem i czcią [...]: niebo gwiaździste nade mną i prawo moralne we mnie. [...] Pierwszy widok nieskończonej mnogości światów niejako unicestwia moją ważność jako zwierzęcego stworzenia, które musi z powrotem zwrócić materię, z której się poczęło, planecie [będącej] jedynie punktem we wszechświecie, gdy skończy się krótki czas, przez który było [...] obdarzone siłą życiową. Drugi natomiast podnosi moją wartość, jako inteligencji [...]".

[32] Weźmy na przykład „kapitalizm wojenny" omawiany przez historyka Svena Beckerta: „Jeśli nasza rzekomo nowa era globalna jest rzeczywiście rewolucyjnym zerwaniem z przeszłością, to owa rewolucja nie zawiera się w głębi globalnych powiązań, tylko w fakcie, że kapitaliści po raz pierwszy są w stanie wyemancypować się spod wpływu poszczególnych państw narodowych".

[33] „Zawsze będziemy tkwić na początku nieskończoności, tak jak w naszej nieskończonej ignorancji" (David Deutsch).

[34] Annie Dillard w *The Writing Life*, zbiorze krótkich esejów dotyczących życia pisarza, również cytuje Thoreau: „Młodzieniec zbiera materiały, by zbudować most na księżyc, być może jakiś pałac czy świątynię na Ziemi, zaś osiągnąwszy wiek średni, ostatecznie wznosi z nich drewnianą szopę".

[35] Gdyby prędkość światła rzeczywiście była nieskończona, cząsteczki wraz z transportowaną przez nie informacją trafiałyby z punktu A do punktu B dosłownie w tym samym momencie, przyczyna i skutek występowałyby symultanicznie. Wszechświat nie miałby żadnej przeszłości ani przyszłości, zaś czas w naszym rozumieniu w ogóle by nie istniał.

[36] Nie wszystkie księżyce Jowisza są pogrążonymi w letargu obiektami. Io, zbliżony rozmiarem do ziemskiego satelity, ma powierzchnię usianą wulkanami wielkości Mount Everestu i jest najaktywniejszym wulkanicznie ciałem niebieskim w Układzie Słonecznym. Z kolei Enceladus, niewielki, nieznany Galileuszowi księżyc, tryska strumieniami wody pod lodową powłoką.

[37] „Foton to minimalne zakłócenie w polu elektromagnetycznym [...]. Według teorii kwantowej energia może być przekazywana oraz pochłaniana porcjami nazywanymi kwantami. Ponieważ kwant stanowi najmniejszą, niepodzielną porcję, posiada swego rodzaju integralność kojarzącą się nam z cząsteczkami i bywa, że takie myślenie o nich może okazać się pomocne. W tym rozumieniu fotony rzeczywiście są cząsteczkami światła" (Frank Wilczek).

[38] Oddziaływanie silne wiąże protony i neutrony wewnątrz jądra atomu, podczas gdy słabe odpowiada za rozszczepienie atomu i radioaktywność.

[39] Nigdy nie widzimy świata tak, jak odbiera go nasza siatkówka. „Byłoby to przerażające: wysoce zniekształcone jasne i ciemne piksele, intensyfikujące się w obrębie centralnej części siatkówki, przesłonięte naczyniami krwionośnymi, z ogromną luką w miejscu plamki ślepej, skąd nerw wzrokowy kieruje się ku mózgowi. Przy każdym przenoszeniu wzroku obraz by się rozmazywał i ulegał transformacji. A widzimy trójwymiarową wersję rzeczywistości – wszelkie usterki siatkówki są usunięte, obraz zostaje naprawiony w plamce ślepej, ustabilizowany względem ruchów gałek i głowy oraz gruntownie zreinterpretowany w oparciu o nasze doświadczenia podobnych wrażeń wizualnych" (Stanislas Dehaene).

[40] Gwoli precyzji, długości fal przypadających na piki czułości spektralnej wynoszą: 564 nm – czopki o tej długości fal na widmie utożsamia się z czerwienią, choć ich pik znajduje się w zielono-żółtym rejonie; 534 nm – niebiesko-zielonym; 420 nm – niebiesko-fioletowym.

[41] „Świat jest błękitny na krawędziach i w głębinach. To niebieskie światło jest właśnie tym światłem, które zaginęło po drodze" (Rebecca Solnit).

[42] „Światło przypomina krople deszczu" (Richard Feynman).

[43] Opis tęczy w Księdze Rodzaju jest inspirowany starszymi opowieściami, takimi jak *Epos o Gilgameszu* (powstały ok. 1800 r. p.n.e.). W tym sumeryjskim poemacie

bogini Isztar zawiesza na niebie swój wysadzany klejnotami naszyjnik na znak pamięci o potopie, który odebrał jej dzieci.

[44] Kropla deszczu, której średnica wynosi zazwyczaj od 0,1 do 5 mm, ma kształt spłaszczonej sferoidy, czyli kuli z ostro zakończonym czubkiem. We mgle, w której powstaje tzw. biała tęcza, krople są tak małe, że do głosu dochodzi mechanika kwantowa, a co za tym idzie, wszystkie kolory zlewają się w biel.

[45] Inaczej prawo refrakcji opisujące relację pomiędzy kątami padania i załamania światła, gdy przekracza granicę pomiędzy dwoma ośrodkami przezroczystości, takimi jak powietrze i woda. Po raz pierwszy sformułował je Ibn Sahl najprawdopodobniej w 984 roku. Kolejni byli Thomas Harriot w 1602 roku oraz Willebrord Snell w 1621 roku.

[46] Jak tłumaczy powieściopisarz Philip Pullman, w rozumieniu Blake'a jednostronne widzenie to dosłowny, racjonalny, zdystansowany i pozbawiony emocji ogląd świata. Dwustronne widzenie to nie tylko oko, ale i konteksty, skojarzenia, powiązania i znaczenia nacechowane emocjonalnie. Widzenie trójstronne stanowi przestrzeń poetyckiej inspiracji, marzeń i snów, zaś czterostronne jest tożsame ze stanem ekstazy lub niebiańskiej rozkoszy.

[47] Krótka noc –
na włochatej gąsienicy
kropelki rosy
(Yosa Buson)

[48] „Wyjaśnić wszystkie tajemnice przyrody to wyzwanie zbyt trudne dla jednego człowieka, a nawet jednej epoki… Lepiej uczyni ten, kto odkryje mniej, lecz u podstaw jego odkryć leżeć będzie całkowita pewność, resztę zaś zostawi tym, co przyjdą po nim, aniżeli ten, kto wyjaśni wszystko na drodze domysłów i spekulacji" (Isaac Newton).

[49] Powierzchowny obserwator mógłby uznać, że Philip Larkin w poezji jest kimś takim jak Eddie „The Eagle" Edwards w skokach narciarskich. Przeczy temu wiersz *Woda*, w którym Larkin rozważa nową religię:

Moja liturgia posługiwałaby się
Obrazami przemakania,
Gwałtownej, nabożnej ulewy.
I wzniósłbym na wschodzie
Szklankę wody, gdzie światło
Wpadałoby pod dowolnym kątem
I gromadziło się bez końca.

(przeł. Jacek Dehnel)

[50] Lodowe pierścienie Saturna oglądane w świetle ultrafioletowym przypominają dziwną tęczę mieniącą się różnymi odcieniami czerwieni, różu, turkusu czy głębokiego błękitu.

[51] W utworach takich jak *Play with Infinity* Györgyego Kurtága z 1973 roku czy etiudy *Arc-en-Ciel* Györgyego Ligetiego powstałej w latach 1985–2001 niemal można usłyszeć dźwięk spadających kropel.

[52] Rok 2016 okazał się najcieplejszy w historii ludzkości. Był to też trzeci rok z rzędu, podczas którego został pobity rekord gorąca, w wyniku czego globalna średnia temperatura wzrosła o 1,2°C w stosunku do średniego poziomu temperatur sprzed epoki industrialnej. Jest wysoce prawdopodobne, że zmiany klimatyczne wywołane emisją gazów cieplarnianych pociągną za sobą wzrost intensywności oraz częstotliwości burz i huraganów.

[53] „Według ogólnej teorii względności ciała zawsze poruszają się po liniach prostych w czterowymiarowej przestrzeni, nam jednak wydaje się, że ich droga w przestrzeni jest krzywa. Przypomina to obserwację samolotu przelatującego nad górzystym terenem. Choć leci on po prostej w trójwymiarowej przestrzeni, jego cień porusza się po krzywej w dwuwymiarowej przestrzeni Ziemi" (Stephen Hawking).

[54] Inne planety Układu Słonecznego również rzucają światło na swoje księżyce. Na zdjęciach Saturna wykonanych przez sondę kosmiczną widać wyraźnie poświatę na księżycach Dione i Mimas. Jedna ziarnista fotografia zarejestrowała blask Plutona na księżycu Charon.

[55] Według legendy plemienia Yurok hen, hen na Pacyfiku, lecz w zasięgu wyprawy na canoe, niebo uderza o ocean, tworząc fale. Przy każdym dwunastym uderzeniu firmament unosi się nieco wolniej, dzięki czemu doświadczony żeglarz ma czas prześlizgnąć się przez szczelinę pomiędzy taflą wody a nieboskłonem. Nią wypływa na zewnętrzny ocean i potem przez całą noc tańczy na brzegu innego świata.

[56] Światło zodiakalne, jak wyjaśnia astronom Caleb Scharf, to „lśniący pył" oświetlający „ramy naszego układu planetarnego, olbrzymiego dysku z orbitami planet oraz rzeszy dzielących z nimi przestrzeń obiektów".

[57] Hel, obok ołowiu, jest trwałym produktem rozpadu uranu. Zatem niemal magicznie podstawowy element konstrukcji bomby atomowej przekształca się zarówno w komponent Słońca, jak i pierwiastek najlepiej chroniący przed promieniowaniem.

[58] Fuzja jądrowa jest niezwykle złożonym procesem. Im bliżej siebie są dwa protony, tym silniej ich dodatnie ładunki je od siebie odpychają. Jedynie dzięki zjawisku

tunelowemu mogą się połączyć. To jakby protony nie miały dość energii do przejścia przez drzwi, za to czasami teleportowały się przez ścianę. Gdy już dwa protony się związą, powstaje hel-2, którego jądro przez niestabilność najczęściej ponownie rozszczepia się na dwa protony. Jednakże raz na dziesięć tysięcy przypadków jeden z protonów samoistnie przekształca się w neutron i atom staje się deuterem, czyli stabilnym izotopem wodoru. Deuter i wodór mogą ulec fuzji, z której powstaje stabilna forma helu, i właśnie wówczas uwalnia się energia zasilająca gwiazdy.

[59] Mogłoby się wydawać, że w języku angielskim trudno znaleźć rym do słowa *plasma* (plazma), ale członkowie zespołu They Might Be Giants poradzili sobie z tym problemem i w piosence *Why Does the Sun Really Shine?* [Dlaczego Słońce naprawdę świeci?] wykorzystali do tego celu słowo *miasma* (miazmat, wyziew).

[60] Słońce nie jest jedynym źródłem zórz polarnych w Układzie Słonecznym. W przypadku Io, księżyca Jowisza, zielone, czerwone i błękitne zorze to efekt jego interakcji z magnetosferą tej gigantycznej planety, nie zaś z naszą gwiazdą.

[61] „Gwiazdy, podobnie jak myśli, nie są nieuniknione. W rozproszonych odmętach chaosu może, lecz wcale nie musi dojść do zespolenia, zaś dryfujące w przestrzeni drobiny najczęściej się mijają" (Amy Leach).

[62] Parafraza monologu Prospera z *Burzy* Williama Shakespeare'a, przeł. Maciej Słomczyński (przyp. tłum.).

[63] David Bedford podjął tę próbę, komponując utwór *Star's End* (1974), lecz niełatwo się tego słucha. Tło ciągu głównego Słońca mogłaby zacząć kompozycja Briana Eno *Lux* (2012). Natomiast całość tego apokaliptycznego procesu najlepiej oddaje chyba *Sun Star* (1967) Johna Coltrane'a.

[64] Ostatni złożony organizm wielokomórkowy na Ziemi za niecały miliard lat być może będzie jakąś formą niesporczaka, „niedźwiedzia wodnego", który żywi się bakteriami i mniejszymi niesporczakami, albo rurkowatego wieloszczeta z oceanicznych głębin w pobliżu kominów hydrotermalnych. Według prognoz mikroorganizmy bytujące głęboko wewnątrz skorupy ziemskiej prawdopodobnie przeżyją je o dwa do trzech miliardów lat.

[65] Jedną z najpiękniejszych mgławic jest Mgławica Pierścień (M57) – tęczowy okrąg z błękitnym środkiem i obręczą zieleni, pomarańczu i czerwieni. Mgławice planetarne odgrywają istotną rolę w ewolucji Galaktyki, wyrzucając pierwiastki ciężkie, jak węgiel i azot, wytworzone przez ich gwiazdy macierzyste z wodoru i helu, do ośrodka międzygwiazdowego, gdzie stają się częścią kolejnego pokolenia. Prawdopodobnie z nich pochodzi węgiel w każdym żywym organizmie na Ziemi.

[66] W pewnych okolicznościach ludzkie oko jest w stanie zobaczyć podczerwień. Zdarza się to, gdy para podczerwonych fotonów dociera jednocześnie, zamiast jednego fotonu, i uderza w to samo białko wewnątrz oka. Uczestnicy eksperymentów widzieli podczerwień emitowaną przez laser niskoenergetyczny.

[67] Na jedną galaktykę co wiek przypada średnio jedna eksplozja supernowej. W widzialnym wszechświecie każdego roku eksploduje około miliarda supernowych, co oznacza trzydzieści wybuchów na sekundę. Nasz wszechświat musuje niczym szampan.

[68] Promieniowanie Hawkinga w uproszczeniu: każdy milimetr sześcienny przestrzeni kosmicznej niezależnie, jak wydaje się pusty, w rzeczywistości przypomina arenę chaotycznej fluktuacji pól, wewnątrz których pary cząstek i antycząstek (jak pozyton i elektron) znikają i wyłaniają się z niebytu (parafrazując Heideggerowską filozofię *das Nichts ist etwas*, czyli „nic jest czymś"). Zazwyczaj cząsteczki wewnątrz par anihilują się wzajemnie w ciągu jednej miliardowej miliardowej sekundy, jednak w pobliżu horyzontu zdarzeń czarnej dziury możliwe jest zniknięcie cząstki w jej wnętrzu, jeszcze zanim nastąpi anihilacja, zaś druga ucieka wówczas w formie promieniowania Hawkinga.

[69] Przypuszczenia autora okazały się słuszne: pierwszy w historii obraz czarnej dziury wykonany za pomocą Teleskopu Horyzontu Zdarzeń został zaprezentowany w kwietniu 2019 roku (przyp. tłum.).

[70] Fale elektromagnetyczne można odbierać jako sztucznie przetworzone fale dźwiękowe. Astrofizyczka Wanda Díaz Merced, która w wieku dwudziestu kilku lat straciła wzrok, bada energię i światło emitowane podczas rozbłysku gamma – najbardziej gwałtownego zjawiska we wszechświecie – przekształconymi w dźwięk krzywymi blasku oraz zbiorami danych. Przysłuchując się różnicom wysokości tonu, długości oraz innych cech dźwięku, odczytuje strukturę międzygwiezdnego światła.

[71] Promienie słońca
wnikają w głębinę lasu,
zielony mech znów lśni
w ich blasku.
(Wang Wei)

[72] Na głębokości ponad dwustu metrów błękit wody ma osiągać najciemniejszy wyobrażalny odcień, określony przez pioniera badań głębin morskich Williama Beebe'a „świetlistą czernią".

[73] W przypadku cząsteczki światła, fotonu, można to potraktować dosłownie. Dla nich czas stoi, a przeszłość, teraźniejszość i przyszłość zlewają się w jeden wieczny

moment.

[74] Doszedłem do granicy snu,
nieprzeniknionej leśnej gęstwiny,
gdzie każdy musi zgubić drogę.
(Edward Thomas)

[75] „Nie miałem w ręku gliny, choć sam z niej pochodzę" (Antonio Porchia).

[76] Większość atomów w naszym ciele – około 62 procent – to atomy wodoru, ale ponieważ są o wiele mniejsze od innych, przekładają się na zaledwie 10 procent naszej masy. Natomiast atomy tlenu – około 24 procent wszystkich atomów – stanowią aż 65 procent masy. Atomy węgla to 12 procent całkowitej liczby atomów i 18 procent masy ciała.

[77] Niewielka obecność niektórych pierwiastków nie oznacza wcale, że są one bez znaczenia. Na przykład żelazo stanowi jedynie 0,0042 procent naszego organizmu, ale bez niego nie przeżylibyśmy ani chwili.

[78] Wielki Wybuch mógł być Wielkim Odbiciem. „Nasz wszechświat – teoretyzuje fizyk Carlo Rovelli – może być [...] wynikiem kolapsu poprzedniego, kurczącego się wszechświata, który przeszedł przez fazę kwantową, gdzie przestrzeń i czas rozpadły się na prawdopodobieństwa".

[79] Mikrofalowe promieniowanie tła jest wykrywalne jako bardzo niewielkie różnice temperatur głęboko w kosmosie. To najstarsza forma światła we wszechświecie – jest echem oraz mapą dystrybucji materii i energii z około 380 000 lat po Wielkim Wybuchu. Stanowi kosmologiczny odpowiednik obserwacji psychologa Williama Jamesa na temat grzmotów: „Odczucie grzmotu podkreśla też przerwaną przez niego ciszę".

[80] Najstarsze znane nam gwiazdy, jak HD 140283 (Gwiazda Matuzalem) czy SM 0313, liczą około 13,6 miliarda lat.

[81] „Ziemia się trzęsie w krąg! Obłoków czarny zwał rozdziera łysk i grom! [...] Strop się już zlewa ponury z smaganą głębią mórz, strasznie zwichrzoną aż do dna" – Ajschylos, *Prometeusz skowany* (przeł. Jan Kasprowicz).

[82] Od kiedy Księżyc oderwał się od Ziemi, zaczął krążyć wokół niej, stopniowo się oddalając. Aktualnie ta odległość wynosi około 384,4 km i każdego roku zwiększa się o 3,8 cm. Czyli odkąd wylądował na nim Apollo 11, odsunął się o niemal dwa metry. Gdyby Księżyc nagle zniknął, duża część wody przyciąganej w stronę równika Ziemi przemieściłaby się ku biegunom – w rezultacie ruch obrotowy Ziemi stałby się chaotyczniejszy, co drastycznie wpłynęłoby na klimat w różnych regionach świata.

[83] Podczas ostatnich finlandzkich mistrzostw świata w przebywaniu w saunie, w 2010 roku, temperatura startowa wynosiła 110°C. Co trzydzieści sekund na piec wylewano pół litra wody, a zwycięzcą została osoba, która wytrzymała w saunie najdłużej i wyszła o własnych siłach. Przed rozpoczęciem rywalizacji oraz w jej trakcie obowiązywał zakaz spożywania alkoholu.

[84] „Spójrz [...] jak to małe zwierzątko przedziera się pod prąd za sprawą naprzemiennych aktywnych i pasywnych ruchów, raz opierając się sile strumienia, raz poddając się mu, by zgromadzić niezbędną energię i zyskać punkt podparcia do kolejnego zrywu".

[85] Lotne cząsteczki niepolarne, jak metan na Tytanie albo dwutlenek węgla na Wenus, nie skraplają się, więc nie istnieje tam zjawisko „deszczu" – unosi się jedynie nieustająca mgła, jak w Anglii w lutym, choć może nie jest tam aż tak ponuro.

[86] „Wiatr i morze. Wszystko inne przemija. Jedno machnięcie skrzydłem i wszystko znika bez śladu" (Kathleen Jamie).

[87] W 2015 roku sonda kosmiczna Cassini przeleciała przez pióropusze wody tryskające z Enceladusa i odkryła, że są bogate w wodór cząsteczkowy, więc w podziemnym oceanie tego księżyca mogłyby rozwinąć się mikroorganizmy.

[88] Poza Ziemią jedyne znane nam ciało niebieskie w Układzie Słonecznym z dużą ilością cieczy to Tytan, największy księżyc Saturna. Ale płyn tam składa się z metanu, etanu i propanu. Mieszanka ta płynie w przyjemnej temperaturze 179°C, a co jakiś czas prawdopodobnie wyrzuca erupcjami fontanny baniek.

[89] Pewien procent wody przyniosły na Ziemię komety i asteroidy, ale prawdopodobnie była obecna w pierwotnej materii planety i przeniknęła na powierzchnię wulkanami. Część wody być może uczestniczy w ciągłym procesie tworzenia. Podejrzewa się, że pod ziemią, gdzie panuje ciśnienie dwadzieścia tysięcy razy większe niż atmosferyczne, a temperatura sięga 1400°C, ditlenek krzemu reaguje z płynnym wodorem i daje początek krzemowodorom i ciekłej wodzie, uwalnianej podczas trzęsień ziemi.

[90] Moskenstraumen, system lejów i prądów wirowych przy norweskim archipelagu Lofotówwegii, pojawia się na mapie morskiej Olausa Magnusa z 1539 roku oraz w noweli Edgara Allana Poe *W bezdni Maelströmu* z 1841 roku. To jeden z najsilniejszych takich prądów na świecie, choć nie tak, jak obaj to opisali – według Kirchera zasysa morza do wnętrza Ziemi.

[91] Diament wyrzucony przez wulkan w Brazylii dziewięćdziesiąt milionów lat temu wytworzył się zapewne w obecności wody sięgającej nawet tysiąca kilometrów w głąb Ziemi.

[92] Trzy tysiące kilometrów pod powierzchnią Ziemi znajduje się jej jądro – morze płynnego metalu otaczające supergęstą kulę z żelaza i niklu, nieco mniejszą od Księżyca i najeżoną lasem żelaznych kryształów długich nawet na sto kilometrów.

[93] „Samoorganizacja zdaje się przeciwstawiać intuicyjnym oczekiwaniom opartym na prawach fizyki, wedle których wszystko ostatecznie się dezorganizuje" (David Deamer).

[94] Niektórzy naukowcy uważają, że uda się ująć emergencję w prawo fizyki. Według Roberta Hazena formuła wyglądałaby mniej więcej tak: $C \geq \Sigma [n, i, \Delta E(t)]$. W każdym razie zjawisko emergencji ma miejsce. Przejawia się w nim to, co fizyk Frank Wilczek nazywa piękną żywotnością i produktywnością praw przyrody.

[95] Kryształy lodu są sześciokątne, ponieważ pojedyncze cząsteczki mają kształt czworościanów. Gdy woda zamarza, te czworościany zbliżają się do siebie i krystalizują, tworząc strukturę heksagonalną.

[96] Komórki na siatce są albo żywe (aktywne), albo martwe (nieaktywne). Żywa komórka bez towarzysza lub z jednym umiera (z samotności); posiadająca dwóch lub trzech żywych sąsiadów pozostaje aktywna; posiadając ich czterech lub więcej, umiera (z przeludnienia); martwa komórka z trzema żywymi sąsiadami ożywa; w innych przypadkach pozostaje martwa.

[97] „Badania nad termodynamiką nierównowagową zdają się mówić nam, że [...] wczesne pojawienie się życia na planecie takiej jak Ziemia, napełnionej energią światła słonecznego czy aktywności wulkanicznej, która zaburza ogólną równowagę, coraz bardziej wygląda nie jak wydarzenie mało prawdopodobne [...] ale wręcz coś nieuniknionego" (Philip Ball).

[98] Na redukcjonistycznym krańcu mamy noblistę biochemika Alberta Szenta-Györgyi: „Życie to nic więcej jak elektron szukający miejsca do odpoczynku", oraz geologa i chemika Michaela Russella: „«Celem» życia jest uwodornianie dwutlenku węgla". Fizyk Sean Carroll zauważa: „Każdy organizm [...] dąży do zwiększania entropii wszechświata". Natomiast według *Kurzgesagt*, serii internetowych wideo, życie to „otwartość na tworzenie nowych schematów".

[99] Niektóre źródła podają sześć cech:

1) kompartmentalizacja – struktura typu komórkowego, oddzielająca wnętrze od środowiska;
2) materiał genetyczny – kod RNA, DNA lub jego odpowiednik, definiujący formę i funkcjonowanie metabolizmu
3) usprawnianego i regulowanego przez katalizatory;

4) dostęp do energii napędzającej biochemiczne reakcje metaboliczne – tworzenie białek, DNA itd.;

5) stała podaż reaktywnych związków węgla dla syntezy nowych substancji organicznych

6) wydalanie zbędnych produktów przemiany materii.

[100] Biochemik Pier Luigi Luisi wraz ze współpracownikami wykazał, że pęcherzyki mogą się powiększać, stopniowo wchłaniając nowe cząsteczki lipidowe z otaczającego je roztworu, oraz że są autokatalityczne, tzn. mogą być wzorcem rozpoczynającym tworzenie się kolejnych, a także potrafią się dzielić. Jako teorię początków życia Luisi zaproponował scenariusz „świata lipidów". Prebiotyczne lipidy masowo formowały się na Ziemi i samoorganizowały w przypominające komórki pęcherzyki, a te wchłaniały najwcześniejsze cząsteczki przenoszące informację biologiczną.

[101] Niektóre z dzisiejszych wirusów nadal używają RNA do przenoszenia cech dziedzicznych z pokolenia na pokolenie, dzięki czemu mogą służyć nam za wskazówki na temat funkcjonowania „świata RNA".

[102] Najnowsze badania potwierdzają, że spontaniczne reakcje chemiczne we wczesnych środowiskach chemicznych Ziemi stworzyły fundament, na którym mogło wyewoluować życie – metabolizm jest starszy od samego życia. Jak odkrył Markus Ralser wraz ze współpracownikami, któraś wersja cyklu kwasu cytrynowego (seria reakcji chemicznych u wszystkich organizmów tlenowych do generowania energii) może funkcjonować nawet bez białek komórkowych zwanych enzymami.

[103] „Ogień i woda splatają się ze sobą w słodkiej, wzajemnej służbie".

[104] Po blisko dwóch miliardach lat wyłącznie mikrobiologicznego życia na Ziemi, pewien archeon pochłonął bakterię, nie trawiąc jej – dało to początek większym i bardziej złożonym komórkom zwanym eukariontami, które są protoplastami roślin, zwierząt i grzybów.

[105] Angielskie słowo *cell* oznacza zarówno celę, jak i komórkę (przyp. tłum.).

[106] Cząsteczki w powietrzu podrygują znacznie szybciej niż w wodzie o tej samej temperaturze. Gdybyśmy byli rozmiaru molekuły, jak mówi fizyk Peter Hoffman, zostalibyśmy zbombardowani tak gwałtowną nawałnicą cząsteczek, że huragan wyglądałby jak letni wietrzyk. Ale pomimo takich prędkości pojedyncze cząsteczki w powietrzu nie przemieszczają się za bardzo, ponieważ często zderzają się z innymi cząsteczkami poruszającymi się w przeciwnym kierunku.

[107] Maszyny molekularne są mniejsze od długości fali widzialnego światła, więc nie możemy bezpośrednio ich zobaczyć. Ich budowę i funkcjonowanie można za to poznać na przykład krystalografią rentgenowską.

[108] Słońce jest 10^{21} razy większe od człowieka, ale wydziela tylko 2,8 erga na sekundę na centymetr sześcienny, podczas gdy człowiek wydziela ich ponad sto tysięcy. (Erg to jednostka energii równa 10^{-7} dżula).

[109] Mitochondria wywodzą się z grupy tzw. alfaproteobakterii, które około 2,5 miliarda lat temu zostały wchłonięte przez archeony i jako dodatkowe źródło energii przyczyniły się do powstania komórek eukariotycznych, występujących u zwierząt, roślin i grzybów.

[110] Co bardziej zdumiewa, obroty te da się zaobserwować poprzez przymocowanie do wirującej części syntazy ATP mikroskopijnej nanocząsteczki złota. Tak naukowcom udało się potwierdzić istnienie enzymu.

[111] Koncepcja Gerarda Manleya Hopkinsa, wedle której wszystkie rzeczy we wszechświecie posiadają swój wewnętrzny, ściśle indywidualny kształt (przyp. tłum.).

[112] Ludzie to nie jedyne zwierzęta, które słyszą głos matki, zanim przyjdą na świat. Na przykład australijskie chwostki czerwonogrzbiete uczą się rozpoznawać nawoływania matki jeszcze przed wykluciem się z jaja.

[113] W przekładzie Dominiki Cieśli-Szymańskiej.

[114] „Dzielenie się to wyraz troski, tajemnice to kłamstwa, prywatność to kradzież".

[115] Pod koniec XV wieku, aby zdobyć posadę u Ludwika Sforzy, księcia Mediolanu, Leonardo tak zachwalał swoje umiejętności: „Zaprojektuję zupełnie niezwykłe działa, moździerze i lekką artylerię o równie pięknej co funkcjonalnej konstrukcji. Tam, gdzie nie sprawdzi się bombardowanie, opracuję katapulty, machiny miotające i inne urządzenia o zadziwiającej skuteczności, niebędące w powszechnym użyciu".

[116] Serce przeciętnego dorosłego człowieka z każdym uderzeniem pompuje około 70 mililitrów (czyli 70 gramów) krwi. Przy 70 uderzeniach na minutę daje to niemal 5 litrów krwi na minutę albo ponad 7000 litrów – 7 ton – dziennie.

[117] Gruczoł produkujący u ludzi regulującą cykl dobowy melatoninę jest pozostałością po dawnym fotoreceptorze. U naszych dalekich ewolucyjnych protoplastów była połączona ze światłoczułym okiem ciemieniowym. Żółw skórzasty, z którym dzielimy przodka żyjącego setki milionów lat temu, ma w czaszce „świetlik" – niezwykle cienką część kości – który pozwala światłu padać bezpośrednio na szyszynkę. Dzięki temu mózg żółwia jest w stanie obliczać długość dnia, co pomaga mu w nawigacji.

[118] „Naucz nas liczyć dni nasze, abyśmy osiągnęli mądrość serca" (Psalm 90,12; Biblia Tysiąclecia).

[119] Chociaż nie jesteśmy w stanie tego usłyszeć, serce każdego człowieka ma swój własny, unikalny rytm. Elektrokardiogram jest więc naszą biometryczną wizytówką.

[120] Szczegóły są dość złożone, ale sama zasada oddychania jest prosta: glukoza (cukier) w połączeniu z tlenem wytwarza energię (magazynowaną w postaci adenozynotrójfosforanu), a zbytecznymi produktami tego procesu są dwutlenek węgla i woda.

[121] Przez fibrylację umierają przedwcześnie setki tysięcy ludzi rocznie. Często zgon następuje bez ostrzeżenia, także u osób, u których nie stwierdzono choroby serca. Dobra organizacja i szkolenie mogą ocalić wiele istnień. Na przykład szansa przeżycia zaburzeń czynności serca, do których dochodzi poza szpitalem, jest dwa–trzy razy większa w Holandii lub Norwegii niż w Anglii.

[122] Pozostawiony samemu sobie węzeł zatokowo-przedsionkowy pulsuje około stu razy na minutę. Jego pracę spowalnia układ nerwowy przywspółczulny, a przyspiesza układ współczulny.

[123] Systemy sygnalizacyjne w postaci ludzkich neuronów i układu nerwowego meduz (które nie posiadają mózgu) są również podobne. I tak samo jak ludzie, meduzy zasypiają.

[124] Biolog David George Haskell porównuje codzienny przepływ wody w drzewie do bicia serca: „Przez całe lato las tętni wodnym krwiobiegiem gałązek [...] nieustanny rytm skurczu i rozkurczu składa się na poddźwiękowy szum lasu".

[125] W przekładzie Feliksa Konopki.

[126] Bezkręgowce nie znają podobnych ograniczeń. Krew skrzypłoczy i ośmiornic jest niebieska za sprawą obecności hemocyjaniny, która wiąże tlen z miedzią. Z kolei pierścienice mają zieloną „krew", a ramienionogi i niezmogowce – fioletoworóżową.

[127] Inne ważne geny w rozwoju embriologicznym noszą równie wdzięczne nazwy, np. „niedzielny kierowca" (za sprawą tej mutacji cząsteczki gubią się podczas wędrówki przez komórki nerwowe), „Ken i Barbie" (wywołuje brak zewnętrznych narządów płciowych) czy „kolej brytyjska" (blokuje ekspresję innego genu o nazwie „zawsze przed czasem"). Z kolei przez mutację związaną z genem „tania randka" zwierzę staje się szczególnie podatne na działanie alkoholu.

[128] Kiedy serce zaczyna bić, wykonuje od 75 do 80 uderzeń na minutę – podobnie jak serce matki. Siódmego tygodnia osiąga maksymalną częstotliwość 165–185 uderzeń, a następnie zwalnia do około 150 uderzeń w okolicach piętnastego tygodnia. W momencie narodzin bije z reguły w rytmie 145 uderzeń na minutę, u przeciętnego dorosłego zaś od 60 do 100 uderzeń.

[129] Może do tego dojść u osób z nieleczonym schorzeniem o nazwie żylne nadciśnienie płucne.

[130] „Gdy są jednakowo napięte struny, to ruch jednej udziela się innym; podobnie wszelkie poruszenia uczuciowe łatwo przechodzą z jednej osoby na inną i rodzą odpowiednie poruszenia w każdej istocie ludzkiej" (David Hume).

[131] „W każdej piosence istnieje dystans [...]. Wszystkie piosenki, domyślnie lub dosłownie, opowiadają o podróży [...]. Dzieląc się utworem, dzielimy się także nieobecnością, która tym samym staje się mniej dotkliwa, mniej osamotniona, mniej milcząca. I ta redukcja pierwotnej nieobecności [...] staje się kolektywnie doświadczanym triumfem" (John Berger).

[132] Badania nagrań z całego świata pozwoliły zidentyfikować osiemnaście uniwersalnych cech muzyki, w tym sześć podstawowych schematów rytmicznych. Są wśród nich równy rytm, rytm na dwa i na trzy (jak w marszu i w walcu), większa skłonność do rytmów na dwa, uderzenia akcentowane i nieakcentowane, ograniczona liczba schematów rytmicznych w danym utworze oraz wykorzystywanie tych schematów do tworzenia motywów lub riffów.

[133] Tembr, czyli barwa brzmienia, został trafnie opisany przez pisarza i dziennikarza Tima Falconera jako zapach albo *terroir* dźwięku.

[134] Synkopa to „zaburzenie lub zakłócenie regularnego przebiegu rytmu"; „umieszczenie rytmicznych akcentów w niezwyczajowym miejscu". To także medyczne określenie omdlenia – oba terminy wywodzą się z tego samego źródła, czyli greckiego „obcinać".

[135] Nazbyt miarowe, rytmiczne bicie serca może stanowić ostrzeżenie przed zastoinową niewydolnością serca.

[136] „Każdy krajobraz ma swą własną, indywidualną duszę" (Christian Morgenstern).

[137] „Strzeżcie się tego czule głaszczącego zefiru, [...] czai się w nim spojrzenie śmierci, nieustannie nas obserwującej z oddali – przeczucie silnej wichury, która idzie tuż za nim, która poniesie nas na swej piersi, niczym marne pyłki na wietrze" (Francisco González-Crussi).

[138] „...wiatr wypełniający wszystkie ruchy; odwieczne barwy i odwieczne światła, barwy morza i światła morza" (Juan Ramón Jiménez).

[139] W latach 90. wygrał batalię przed filipińskim Sądem Najwyższym o prawo dzieci i przyszłych pokoleń do odziedziczenia lasów deszczowych w nienaruszonym stanie. Mówiło się o tym na całym świecie.

[140] Petrichor (grec. *petra* – kamień, *ichor* – krew bogów) to zapach w powietrzu, kiedy deszcz pada na gorącą, suchą, kamienistą ziemię. Można mówić też o chomichorze (*choma* – gleba) i dasichorze (*dasos* – las).

[141] Najmniejszy odstęp czasowy pomiędzy dźwiękami, jaki jest w stanie wychwycić ludzkie ucho, wynosi od dziesięciu do trzydziestu milionowych sekundy.

[142] Meduza, z którą wspólny przodek łączył nas 540 milionów lat temu, jest wyposażona w statocysty, będące odpowiednikiem otolitów w naszym uchu wewnętrznym.

[143] Podobno całkowita liczba mrówek na Ziemi zawsze wynosi mniej więcej kwadrylion, zaś ich całkowita masa jest zbliżona do masy wszystkich ludzi na naszej planecie.

[144] „Ludzki mózg to najbardziej publiczny ze wszystkich organów na powierzchni Ziemi. Jest otwarty na wszystko i do wszystkich wysyła wiadomości" (Lewis Thomas).

[145] Mózg odgrywa fundamentalną rolę, lecz nie jest wszystkim. Jak zauważa informatyk Ben Medlock, każda z bilionów naszych komórek to fragment maszynerii, który ilością komponentów odpowiada jumbo jetowi, zaś przodkowie każdej wyewoluowali w zetknięciu ze światem przyrody miliardy lat temu. Na długo zanim staliśmy się istotami myślącymi, nasze komórki poznawały środowisko naturalne i współpracowały ze sobą, nadając nam formę solidnych, samowystarczalnych bytów. Myślimy całym ciałem, nie tylko mózgiem.

[146] Santiago Ramón y Cajal posłużył się podobną metaforą: „[Mózg] jest niczym ogród obsadzony niezliczoną ilością drzew [...], które dzięki inteligentnej uprawie pomnażają liczbę gałęzi i głębiej zapuszczają swe korzenie, produkując coraz wyższej jakości, a przy tym coraz bardziej zróżnicowane, owoce i kwiaty".

[147] Wiele rodzajów neuronów należy do trzech kategorii: czuciowe (sensoryczne) przenoszą informacje z narządów zmysłów do mózgu; ruchowe (motoryczne) wysyłają komendy organom i mięśniom; interneurony przekazują informacje pomiędzy sąsiadującymi ze sobą neuronami i transportują je po mózgu na większe odległości.

[148] Rozwinięta i wygładzona kora mózgowa pokryłaby ok. 2000 centymetrów kwadratowych, w przybliżeniu powierzchnię opony samochodowej. Jej sześć warstw ma łącznie od 2 do 4 milimetrów grubości, czyli jest o połowę cieńsza od nowszych iPhone'ów.

[149] obszar ruchowy:

1. – palce u nóg, 2. – kostka, 3. – kolano, 4. – biodro, 5. – tułów, 6. – ramię, 7. – łokieć, 8. – nadgarstek, 9. – dłoń, 10. – mały palec, 11. – palec serdeczny, 12. – palec środkowy, 13. – palec wskazujący, 14. – kciuk, 15. – szyja, 16. – brew, 17. – powieka/gałka oczna, 18. –

twarz, 19. – usta, 20. – język, 21. – przełykanie, 22. – przeżuwanie, 23. – ślinienie się, 24. – wokalizacja

[150] obszar czuciowy:

1. – genitalia, 2. – palce u nóg, 3. – stopa, 4. – noga, 5. – biodro, 6. – tułów, 7. – głowa, 8. – szyja, 9. – ramię, 10. – ręka, 11. – łokieć, 12. – przedramię, 13. – nadgarstek, 14. – dłoń, 15. – mały palec, 16. – palec serdeczny, 17. – palec środkowy, 18. – palec wskazujący, 19. – kciuk, 20. – oko, 21. – nos, 22. – twarz, 23. – górna warga, 24. – usta, 25. – dolna warga, 26. – zęby, dziąsła, żuchwa, 27. – język, 28. – gardło, 29. – wnętrze brzucha

[151] „On się będzie wymykał… przywdzieje na się postać różną: co na ziemi, co w wodzie lub co w ogniu żyje" – opis Proteusza w *Odysei* (przeł. Lucjan Siemieński).

[152] „Żadną miarą nie jest przesadnym stwierdzenie, iż koniuszek [korzenia rośliny] […] działa podobnie jak mózg u zwierzęcia niższego rzędu, otrzymując wrażenia płynące z narządów zmysłów i dyrygując poszczególnymi ruchami" (Charles Darwin).

[153] Krtań dolna, inaczej *syrinx*, to narząd głosowy u ptaków. Swą łacińską nazwę zawdzięcza nimfie Syrinks z mitologii greckiej, którą siostry przemieniły w trzcinę, by ukryć ją przed Panem, bogiem płodności. Pan zerwał trzcinę i nadał jej formę instrumentu muzycznego.

[154] Orki w okamgnieniu zabijają foki cięższe od dorosłego człowieka, jednak nie odnotowano ani jednego przypadku agresji w stosunku do ludzi. Z kolei delfiny potrafią wykazać się empatią: raz zaobserwowano, jak przerwały figle i w milczeniu towarzyszyły łodzi z martwym mężczyzną. Innym razem zostawiły jedzenie i popłynęły na pomoc samobójczyni, która dryfowała pośrodku morza.

[155] Umiejętność używania narzędzi jest wspomagana przez zręczność manualną oraz język. W przypadku mowy ludzki mózg, jako jedyny spośród mózgów ssaków naczelnych, ma bezpośrednie połączenie pomiędzy obszarem kory ruchowej odpowiedzialnej za ruchy dowolne oraz regionem umożliwiającym kontrolę motoryczną krtani. Umożliwia to drobna modyfikacja dwóch par zasad w genie FOXP2, obecnym też u małp i myszy.

[156] „Duchy zamieszkujące Cerebel [móżdżek] niepostrzeżenie i w milczeniu wykonują zadania wyznaczone im przez Naturę, bez naszej wiedzy ani bez naszego wsparcia" (Thomas Willis).

[157] W 1880 roku du Bois-Reymond sporządził listę siedmiu, niewyjaśnionych przez naukę, „zagadek świata". Trzy z nich, jego zdaniem, miały pozostać na zawsze nierozwiązane: czym jest materia i siła, skąd się bierze ruch, jakie jest źródło prostych wrażeń zmysłowych.

[158] Doktryna neuronalna:

1) neuron jest podstawową jednostką strukturalną i funkcjonalną układu nerwowego;
2) neurony są komórkami odrębnymi, niełączącymi się ze sobą w sposób ciągły
3) neuron zbudowany jest z trzech części składowych: dendrytów, aksonu oraz ciała komórki;
4) informacja płynie przez neuron w jednym kierunku: z dendrytu, przez ciało komórki, do aksonu.

[159] Technikami obrazowaniu mózgu są: obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (MRI), funkcjonalne obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (f MRI), magnetoencefalografia (MEG), elektroencefalografia (EEG) oraz pozytonowa tomografia emisyjna (PET).

[160] Białka w naszych komórkach i tkankach są odpowiedzialne dosłownie za wszystko, od utrzymania organizmu we właściwej kondycji i szeregu procesów naprawczych po produkcję substancji chemicznych. W mózgu występuje ok. 300 różnych rodzajów białek, w jądrach niemal tysiąc.

[161] „A mysz jest cudem wystarczającym, by wstrząsnąć sekstylionem niewiernych" (Walt Whitman).

[162] Pełen zestaw modyfikacji chemicznych DNA nosi nazwę epigenomu. International Human Epigenome Consortium pracuje obecnie nad mapą epigenomu człowieka, nie znamy jednak terminu końca prac.

[163] W 1953 roku Francis Crick wraz z Jamesem Watsonem ustalił budowę DNA. Od 1979 roku aż do śmierci w 2002 roku prowadził badania z zakresu neurobiologii, szczególnie neuronalnej podstawy ludzkiej świadomości.

[164] Eseista Walter Benjamin opisał aurę jako „formę percepcji, która obdarza zjawiska zdolnością odwzajemniania naszych spojrzeń".

[165] Nasz umysł z taką samą łatwością przywołuje najgorsze wspomnienia, których odczucie jest równie realne. Jednak jak przekonuje się Piotr Bezuchow z *Wojny i pokoju* Tołstoja, kiedy cierpi w więzieniu, zaspokojenie braków podstawowych potrzeb w miarę ich doskwierania może przynieść absolutną radość.

[166] Dziennikarz Ambrose Bierce miał co do tego wątpliwości, w związku z czym odrobinę podkręcił słynną maksymę Kartezjusza: „Myślę, że myślę, więc myślę, że jestem".

[167] „W tym przypadku próba przeprowadzenia introspektywnej analizy jest [...] jak łapanie wirującego bączka, by uchwycić jego ruch, albo bardzo szybkie włączanie

światła, by zobaczyć, jak wygląda ciemność" (William James).

[168] Naukowcy ustalili, że za świadomość interocepcyjną – tj. świadomość stanu fizjologicznego naszego organizmu – odpowiada przede wszystkim przednia część wyspy, zaś sytuującą nas w świecie samoświadomość kontroluje przyśrodkowa kora przedczołowa.

[169] Jak podkreśla neurobiolog Henrik Jörntell, musimy wziąć pod uwagę prawdopodobieństwo, że (niemal) wszystkie funkcje mózgu (nie tylko świadomość) są rozproszone po całej jego powierzchni i wszystkie jego obszary mają w tych funkcjach udział. „Neuronauka musi zacząć badać, jak przez całe ludzkie życie mózg tworzy konfiguracje sieci w wyniku ciągłych prób zrozumienia świata. Potrzebny jest również jasny schemat z niuansami interakcji kory, pnia mózgu i móżdżka z mięśniami i dziesiątkami tysięcy receptorów wrażeń optycznych i mechanicznych, przez które powstaje jeden zintegrowany obraz".

[170] „Mimo że pozbawiona logicznego wymiaru, instynktowna podświadomość odgrywa istotną rolę w procesie twórczym [artysty], posiada on również świadomość, która [...] rozwiązuje konflikty, porządkuje wspomnienia i nie pozwala mu iść w dwóch kierunkach jednocześnie" (Henry Moore).

[171] „Racjonalne myślenie to niekoniecznie nasza najwspanialsza cecha i choć bardzo ją sobie cenimy, być może jest również swoistą ułomnością. Musimy zdać sobie sprawę, iż obok świadomego, racjonalnego myślenia w umyśle zachodzą jeszcze potężniejsze procesy mentalne, którymi intuicyjnie pojmujemy maleńki, skrzący się fragment rzeczywistości" (James Lovelock).

[172] „Fizyka jest matematyczna nie dlatego, że wiemy tak wiele o świecie fizycznym, ale dlatego, że wiemy o nim tak mało; jedyne, co możemy odkryć, to jej właściwości matematyczne. Cała reszta pozostaje poza zasięgiem naszej wiedzy" (Bertrand Russell).

[173] „Napiszę książkę na liściach kwiatów [...] będę ci śpiewał do miękkiej melodii lutni, i pokażę ci tętniący życiem świat, w którym każda drobina pyłu promieniuje radością" (William Blake).

[174] Pole Higgsa to pole energii występujące prawdopodobnie w całym wszechświecie. Przechodzące przez nie cząsteczki zyskują masę i – podobnie jak mucha w smole – zwalniają, gdyż z powodu świeżo nabytej wagi nie mogą się już przemieszczać z prędkością światła.

[175] „Umysł jest jak tęcza. Tęcza znajduje się poza naszym ciałem, lecz jednocześnie stanowi fragment naszego umysłu" (Riccardo Manzotti).

[176] „Strzyżyki przecinają wyimaginowane granice (lub raczej się pod nimi przeciskają), które zwykliśmy stawiać pomiędzy różnymi rodzajami terenu" (Max Nicholson).

[177] Sfinks pożera wszystkich, którzy nie potrafią rozwiązać jego zagadki: „Co to za zwierzę, które rano chodzi na czterech nogach, w południe na dwóch, a wieczorem na trzech?". Edyp odgaduje, że to człowiek, na co Sfinks rzuca się w przepaść i umiera. Ale dla przyszłego króla to dopiero początek jego historii.

[178] Nawet ośmiomiesięczne maluchy robią użytek z droczenia. Mała dziewczynka potrafi ochoczo wyciągać do taty rączkę z kluczykami do samochodu, którymi pozwolił jej się bawić, by w ostatniej chwili cofnąć dłoń z szelmowskim uśmiechem.

[179] Nie tylko rodzice z pewnością zaobserwowali, że miny dziecka tuż po karmieniu piersią przypominają wyraz twarzy dorosłego człowieka na narkotycznym haju.

[180] Kiedy odmawia się niemowlęciu miłości albo całkiem je tego uczucia pozbawia – czego doświadczyło wiele rumuńskich sierot aż do lat dziewięćdziesiątych – można poważnie upośledzić rozwój jego mózgu, a w konsekwencji sprawić, że z dziecka nie wyrośnie zdrowy dorosły człowiek. Dzieci dorastające w sprzyjających warunkach, zanim doświadczą traumy, często wykazują wyjątkową odporność. Historyk Otto Dov Kulka, wspominając Auschwitz, gdzie został wywieziony jako dziecko, opisuje moment, gdy zawisł na drucie kolczastym pod napięciem. Jego dziecięcy umysł odebrał to jako śmierć, ale poczuł „bezgraniczną ciekawość, która rodzi się w każdym razem z uświadomieniem swojej śmiertelności, ciekawość wykraczającą poza granice śmierci".

[181] Nie tylko na wsi dziecko może przeżyć przygodę. Dla Waltera Benjamina z Berlina przełomu XIX i XX wieku podwórko na tyłach domu było kopalnią „znaków i wskazówek". Z kolei pisarz i anarchista Colin Ward podkreśla cudowne dziecięce odnajdywanie powodów do radości w nawet najbardziej niesprzyjających warunkach, której towarzyszy „równie niezwykła, transformacyjna siła czasu".

[182] Autorem bardziej chropowatej, lecz równie prawdziwej relacji jest Abel Magwitch z *Wielkich nadziei* Dickensa: „Pierwsze moje wspomnienia sięgają Essex, gdzie kradłem brukiew, bo byłem głodny. Wraz ze mną kradł jakiś kotlarz, który potem uciekł, zabierając ze sobą piecyk, a mnie było bardzo zimno..." (przeł. Karolina Beylin).

[183] Niegdyś gaj, łąka, strumień, ziemia cała,
Każdy tu widok pospolity
Tak dziwnie pałał,
Jakby światłością z niebios był spowity,
W której i cichy czar jest snu, i chwała.

Teraz już nie jest tak, jak niegdyś było.

(przeł. Zygmunt Kubiak)

[184] Dla Potawatomi wszystkie byty są osobami. Starszyzna plemienia radzi Kimmerer, by wygospodarowywała chwilę na spotkanie ze Stojącymi Ludźmi (drzewami), Bobrowymi Ludźmi, a nawet Skalnymi Ludźmi. Ich perspektywa przypomni jej, że człowiek nie musi sam zmagać się z odkrywaniem tajemnic świata, gdyż ma wokół siebie wielu nauczycieli.

[185] W oryginale „landscape *scapes*"; angielski czasownik *scape* to archaiczna forma słowa *escape*, oznaczającego „uciekać", „umykać" (przyp. tłum.).

[186] Takie wyładowania mogą się koncentrować na obszarze kory wyspy, której głównym zadaniem jest integrowanie wewnętrznych sygnałów interoceptywnych, takich jak bicie serca, oraz zewnętrznych bodźców eksteroceptywnych, np. wrażeń dotykowych. (Przedni płat wyspy odpowiada również za to, jak odbieramy samych siebie, w tym własne ciało, pomagając nam w ten sposób budować świadome poczucie „bycia w świecie").

[187] „Pełnego szacunku podziwu, któremu może towarzyszyć lęk, doświadczamy przy postrzeganiu czegoś fizycznie lub konceptualnie tak rozległego, że przekracza nasz odbiór świata i musimy jakoś dostosować naszą percepcję. To poczucie doznawania czegoś, co nie wpisuje się w ramy naszych oczekiwań wobec otaczającej rzeczywistości, dlatego musimy dokonać ponownej kalibracji" (Paul Piff).

[188] „I kiedy tak razem leżeli [...] czuli, jakby znaleźli się w samym centrum powoli obracającej się przestrzeni, jakby dotarli do samego źródła kipiącego głęboko w nich życia, do epicentrum absolutnej światłości" (D.H. Lawrence).

[189] Za Biblią Tysiąclecia.

[190] Ig Noble, będące parodią Nagrody Nobla, wręczane są za prace badawcze, „które najpierw rozśmieszają, a potem skłaniają do myślenia". W 2016 roku Ig Nobel w dziedzinie chemii trafił do specjalistów z Volkswagena za rozwiązanie problemu nadmiernej emisji zanieczyszczeń przez auta przez automatyczną redukcję spalin w czasie testowania samochodów. Z kolei w dziedzinie medycyny nagrodę przyznano za odkrycie, że jeśli swędzi nas coś po lewej stronie ciała, można sobie ulżyć, patrząc w lustro i drapiąc się po prawej stronie ciała (i vice versa).

[191] W przekładzie Macieja Słomczyńskiego.

[192] „Staję się przezroczystym okiem, jestem niczym, widzę wszystko, przepływają przeze mnie prądy bytu uniwersalnego; jestem częścią czy cząsteczką Boga. [...] Z ziemi, niczym z brzegu, spoglądam na ów milczący ocean. Ja sam zdaję się uczestniczyć w jego błyskawicznych przeobrażeniach: przemieniający czar owłada

mną, który jestem prochem, a moja istota rozszerza się i sprzymierza z porannym wiatrem" (Ralph Waldo Emerson).

[193] „Jeśli się nie odmienicie i nie staniecie jak dzieci, nie wejdziecie do Królestwa Niebieskiego" (Mt 18,3; Biblia Tysiąclecia).

[194] We współczesnym języku niemieckim słowo *Rausch* oznacza upojenie/odurzenie alkoholowe, jednak ma długą tradycję. Dla Goethego było synonimem przyspieszenia biegu świata wywołującego radość. Z kolei dla Nietzschego to podniecenie, ekstaza, pierwotne pragnienie, poczucie siły i jedności ze wszechświatem.

[195] „Mniej idoli, mniej konsumpcji, więcej zabawy" (Jules Evans); „Przyjemność z grania to nie przyjemność wyrażania siebie, lecz podporządkowania się muzyce oraz doświadczania ekstazy z bycia częścią tej muzyki" (Steve Reich).

[196] Psycholog Daniel Kahneman wyróżnia dwa systemy myślowe – szybki, instynktowny i emocjonalny oraz niespieszny, celowy i logiczny. Moim zdaniem „prawdziwy" zachwyt w pełni angażuje oba jednocześnie.

[197] „Nawet za najbardziej przekonującą fasadą sprawnie funkcjonującej dorosłości – pisał Ted Hughes – skrywamy cały świat dzieciństwa, obchodząc się z nim nader ostrożnie, jak z trzymaną w dłoni szklanką, którą napełniliśmy po sam brzeg".

[198] „Większość drapieżników to majestatyczne stworzenia – zapewnia historyk Yuval Noah Harari. – Miliony lat dominacji zapewniły im niewyczerpaną pewność siebie. Przy nich homo sapiens przywodzi raczej na myśl dyktatora republiki bananowej. Jako że ostatnio nie mamy najlepszych notowań na sawannie, dogłębnie obawiamy się o naszą pozycję, przez co staliśmy się podwójnie okrutni i niebezpieczni".

[199] „Stany Zjednoczone ogarnęła plaga zespołu nadpobudliwości psychoruchowej, fake newsów, hakerstwa, konfliktów cybernetycznych i nękania w sieci" (Rebecca Solnit).

[200] „Pętla nagrody" polega na tym, że w kółko powtarzamy tę samą czynność, ponieważ raz na jakiś czas zostajemy za to nagrodzeni. Podobnie jak gołębie, znacznie więcej wysiłku wkładamy w uzyskanie informacji zwrotnej wtedy, gdy nie mamy pewności, że ją dostaniemy.

[201] „By korzystać z wolności, człowiek musi przywyknąć do życia pełnego poruszeń, zmian i niebezpieczeństw" (Alexis de Tocqueville).

[202] „Dla Ciorana [...] myśleć nie oznacza dziękować [...], myśleć oznacza się mścić" (Peter Sloterdijk).

[203] „Dusza to cudowna otchłań nieskończonych otchłani, to nigdy niewysychający ocean, niewyczerpane źródło nieskończonych oceanów” (Thomas Traherne).

[204] …gdzież są, dokąd idą,

Błysk ręki, linia biegu, szelest grud –

Nie z żalu pytam, ale z zamyślenia.

(Czesław Miłosz)

[205] „Ta dawno utracona lśniąca godzina, która znaczy więcej niż wiek, niż logika, niż wiedza i tradycja” (Amy Leach).

[206] „Słodki jest ocean goryczy” (Richard Jefferies).

[207] „Dar przegrywania bez ponoszenia ostatecznej klęski” (Richard Holloway).

[208] „Człowiek, który kocha mądrość, musi doprawdy dużo wiedzieć” (Heraklit).

[209] „Nieważne, ile masz lat. Zrób coś pięknego” (George Saunders).

[210] „Wszystko jednodniowe: i co wspomina, i co jest wspominane. Wszyscy ci, którzy […] pamiętają, wnet sami pomrą […] aż wreszcie wszelkie wspomnienie zatrze się” (Marek Aureliusz).

[211] Świat na mapie z Hereford jest płaski, co wcale nie oznacza, że średniowieczni Europejczycy tak wyobrażali sobie Ziemię. W trzeciej części *Boskiej komedii* Dante opisuje ją oraz sfery niebieskie kolejnych nieb jako otaczające się nawzajem okręgi. Jak zauważa fizyk Carlo Rovelli, opis ten idealnie pasuje do hiperkuli stanowiącej wielowymiarowy, przestrzennie nieograniczony odpowiednik trójwymiarowej kuli.

[212] Odbieranie przez zwierzęta pola magnetycznego Ziemi wciąż nie jest w pełni zrozumiane. W niektórych przypadkach może się to odbywać z wykorzystaniem proteinowego „biokompasu” z czymś na kształt igły mierzonej w skali nano.

[213] W wielu regionach Afryki wiedza o dawnych ścieżkach na niewiele się przydaje słoniom z sawanny z powodu kłusownictwa. W latach 2010–2015 sześćdziesiąt procent słoni w Tanzanii zostało wymordowanych, a na całym kontynencie każdego dnia giną ich setki. Jednak pewne grupy słoni nauczyły się, że droga przez Botswanę, Namibię i Ugandę jest bezpieczniejsza. Niestety w Gabonie, który dla słoni leśnych był do tej pory bezpieczną przystanią, w latach 2004–2014 w wyniku rzezi zginęło ich dwadzieścia pięć tysięcy, czyli 80 procent całej populacji.

[214] *Homo naledi* przypominał przedstawicieli z taksonu *Australopithecine* – pradawnych dwunożnych ssaków naczelnych sprzed rodzaju *Homo* – miał jednak również cechy człowieka współczesnego. Jego czaszka była co prawda o połowę mniejsza, za to płaty czołowe związane z mową i wyższymi emocjami niewiele różniły się od płatów mózgowych człowieka anatomicznie współczesnego. *Naledi* (nazwa

z języka sotho – „gwiazda"), którego szczątki odkryto w 2013 roku, żył w okresie od 200 do 300 tysięcy lat temu.

[215] Michał Anioł powiedział, że zobaczył anioła w marmurze i rzeźbił tak długo, aż go uwolnił. Pierwszy wytwórca narzędzia z kamienia po prostu zobaczył je w krzemieniu i ciosał tak długo, aż je uwolnił. Naukowcy odkryli niedawno siekierę wykonaną sto tysięcy lat temu przez przedstawicieli kultury aszelskiej, którzy bardzo precyzyjnie nadali jej kształt, by skamieniała muszla na jej powierzchni znalazła się dokładnie pośrodku.

[216] Relacja człowieka z naturą nie zawsze przebiegała harmonijnie. Ludzie pojawili się w Australii ok. 50 tysięcy lat temu. W ciągu kolejnych tysięcy lat wyginęło ponad 90 procent dużych ssaków. Możliwe, że przyczyniły się do tego zarówno naturalne zmiany klimatyczne, jak i aktywność człowieka, np. wywoływanie pożarów na dużą skalę.

[217] Czas Snu to określenie mitologii australijskich Aborygenów. Składające się na nią podania i legendy opowiadają o duchach przodków, które w mitycznych czasach przemierzały kontynent, tworząc rzeki, strumienie, wodopoje, skały, rośliny, zwierzęta, ludzi i święte miejsca.

[218] Grecki mit o siostrach być może powstał niezależnie od aborygeńskiego, niewykluczone jednak, że u źródeł zarówno europejskiej, jak i australijskiej wersji leży ta sama historia przekazywana ustnie dziesiątki tysięcy lat przez kolejne pokolenia naszych przodków, którzy opuściwszy Afrykę 70 tysięcy lat temu, zawędrowali na wschód, a stamtąd na zachód.

[219] Gwiazdy Plejad, oddalone od Ziemi o 430 milionów lat świetlnych, powstały z tej samej chmury gazu i pyłu około 100 milionów lat temu i wciąż tworzą zwarte skupisko za sprawą przyciągania grawitacyjnego między nimi. Gołym okiem można zobaczyć sześć czy siedem gwiazd spomiędzy w rzeczywistości kilkuset, spośród których większość jest setki razy jaśniejsza od Słońca.

[220] Zaledwie sto lat temu grenlandzcy myśliwi zaczęli robić mapy z wyrzuconych na brzeg kawałków drewna.

[221] Więcej można dowiedzieć się z niezwykle pouczającej pozycji Andro Linklatera *Owning the Earth*.

[222] „Opowiadają więc, że Anaksagoras pewnemu człowiekowi, który zastanawiał się [...], dlaczego ludzie wolą urodzić się aniżeli nie istnieć, dał taką odpowiedź: dla oglądania nieba i ładu, jaki panuje w całym wszechświecie" (Arystoteles).

[223] W innych kulturach również postrzegano Ziemię jako kulę unoszącą się w kosmosie, jednak kulisty kształt innych ciał niebieskich był dla większości z nich

ideą zupełnie nieznaną.

[224] Stadion to powstała w starożytnej Grecji miara długości, w przeliczeniu na współczesny system metryczny daje niecałe dwieście metrów. Nie ma pewności co do dokładnej długości zastosowanej przez Eratostenesa, ale wciąż jego metoda okazuje się całkiem skuteczna.

[225] Księżyc, którego średnica wynosi 3474 km, jest oddalony od Ziemi średnio o 382 500 km (mniej więcej o trzydziestokrotność średnicy Ziemi równej 12 742 km). Na modelu redukcyjnym, gdzie Ziemia ma rozmiary piłki do koszykówki, Księżyc to oddalona od niej o 7,2 m piłeczka tenisowa.

[226] Średnica Słońca jest sto razy dłuższa od średnicy Ziemi, a jego objętość ma ponad milion razy wyższą wartość. Przy Słońcu przedstawionym jako piłka do koszykówki Ziemia ma rozmiar ziarnka grochu.

[227] Filozofia Demokryta z Abdery (ok. 460 p.n.e. – ok. 370 p.n.e.) jest znana z kilku krótkich cytatów przytoczonych przez innych. Z jego ponad sześćdziesięciu dzieł nie zachowało się żadne, ocalały tylko tytuły, np. *Kosmografia, O planetach, O naturze, O naturze ludzkiej, O inteligencji, O zmysłach, O duszy, O smakach, O barwach, O różnorodnych ruchach atomów, O ogniu i jego przyczynach, O przyczynach zjawisk akustycznych, O zwierzętach, Opis nieba, Geografia, Świat geometrii, O liczbach, O promieniach światła, O rytmie i harmonii, O pięknie pieśni, O malarstwie, O żeglowaniu po oceanie, O zagadnieniach etycznych, O dobrostanie.*

[228] Współczesny Wrightowi angielski duchowny i astronom John Michell obliczył, że prawdopodobieństwo przypadkowego ułożenia gwiazd w Plejadach w tak bliskiej odległości od siebie wynosi jeden do pół miliona. W związku z czym prawdopodobnie wiąże je ze sobą przyciąganie grawitacyjne. W toku dalszych rozważań o wpływie grawitacji na gwiazdy, a także na światło emitowane przez największe z nich przedstawił wczesną koncepcję czarnych dziur, które nazwał „ciemnymi gwiazdami".

[229] Planety orbitujące wokół innych gwiazd w naszej Galaktyce również mają pierścienie. Średnica otaczających J1407b wynosi ok. 120 milionów kilometrów, czyli ponad dwieście razy więcej niż u pierścieni wokół Saturna.

[230] Kiedy źródło światła oddala się od Ziemi z dużą prędkością, kolor emitowanego przez nie promieniowania przesuwa się ku czerwonemu fragmentowi spektrum. Jest to przykład tzw. efektu Dopplera, to w jego wyniku zmienia się wysokość dźwięku syreny, gdy wyposażony w nią pojazd się do nas zbliża, mija nas i odjeżdża.

[231] Googol to dziesięć sedecyliardów lub 1 i sto zer: 10 000 000 000

[232] Mniej więcej cztery dni przed peryhelium (punktem na orbicie ciała niebieskiego obiegającego Słońce w miejscu największego zbliżenia obu ciał) kątowa prędkość orbitalna Merkurego jest równa jego kątowej prędkości obrotowej, przez co pozorny ruch Słońca ustaje; podczas peryhelium kątowa prędkość orbitalna Merkurego przekracza obrotową, sprawiając, że Słońce wygląda, jakby się cofało. Cztery dni po peryhelium pozorny ruch Słońca wraca na swoją normalną trajektorię.

[233] „Gwiazdy może i są ogromne, lecz nie potrafią ani myśleć, ani kochać, a to właśnie są przymioty, które robią na mnie znacznie większe wrażenie niż rozmiar" (Frank Ramsey).

[234] „Ziemia, na której żyjemy, to nie tylko gleba: to źródło energii płynącej w obiegu całej planety" (Aldo Leopold).

[235] „Jak dotąd żaden geologiczny proces nie był świadomy własnego przebiegu. Ludzkość ma przynajmniej mgliste, i wciąż rosnące, pojęcie o skutkach swojej obecności na tej planecie. Istnieje więc szansa, że wykorzystamy to, wchodząc w interakcje z systemem ziemskim. I to właśnie może być dla nas źródłem nadziei" (David Grinspoon).

[236] „Rzeczywistość jest jak ogromny, składany namiot cyrkowy, który wszędzie ze sobą nosimy i rozkładamy tam, gdzie akurat jesteśmy" (Elizabeth Bishop).

[237] Według Edwarda Snowdena świat w stylu *Matrixa*, w którym „rządy państw odbierają nam godność, sprowadzając nas do roli oznakowanego bydła", jest już faktem.

[238] „Pułapka na ryby istnieje z powodu ryby. Gdy schwytamy rybę, możemy zapomnieć o pułapce… Słowa istnieją z powodu znaczenia. Kiedy uchwycimy znaczenie, możemy zapomnieć o słowach" (Zhuangzi).

> A mimo to słowa zawsze się zużywają i zmieniają
> W ruinę gorszą nawet niźli tamten głos
> W ciasnym uchwycie więzienia
> w mym śmiertelnym drzewie…
> (William Graham)

[239] A oto jak artysta Alec Finlay wyobraża sobie legendarny las, który być może rósł na miejscu dzisiejszego morza: „zagubione pieśni dobywają się z wąskich gardzieli ptaków i unoszą się w bańkach ku powierzchni".

[240] „Stąpaj ostrożnie, albowiem grunt jest tu zasłany ciałami zmarłych" (Abu Al-Ma'arri).

[241] „Znacznie więcej odeszło w niepamięć, niż zostało zachowane” (Thomas Browne).

[242] „Czasami myślę, że nie ma żadnego światła, a czasami myślę, że jednak jest” (Michael McCarthy).

[243] „Gdyby nie przeszkody pod postacią mórz, człowiek, który wyrusza w niekończącą się podróż, powróciłby do tego samego miejsca na Ziemi, w którym zaczął swą wędrówkę” (Brunetto Latini).

[244] Niedługo przed śmiercią od pocisku artyleryjskiego francuski porucznik służący pod Verdun napisał w swoim pamiętniku: „Ludzkość oszalała. Musiała oszaleć, skoro robi coś takiego. Co za masakra! Co za koszmarna rzeź! Nie znajduję słów, by wyrazić to, co czuję. Piekło nie może być równie straszne. Ludzie zwariowali!”.

[245] Na nagraniu *Przewracające się roboty podczas DARPA Robotics Challenge* można zobaczyć komiczne upadki znacznie mniej kompetentnych maszyn.

[246] Nie da się być ze wszystkim na bieżąco. Jak pisał około 1621 roku Robert Burton: „Każdy dzień to nowe książki, pamflety, broszury, coranto, opowiadania, całe katalogi woluminów wszelkiej maści, nowe paradoksy, opinie, schizmy, herezje, kontrowersje w filozofii, religii etc.”.

[247] Gatunek science fiction, jak zauważa pisarz Cory Doctorow, fatalnie radzi sobie z przewidywaniem przyszłości, ale świetnie potrafi przewidywać teraźniejszość.

[248] „To przychodzi niespodziewanie. Nie dałoby się tego przewidzieć. Efekty zmian na dużą skalę pozostają często poza zasięgiem naszych zdolności percepcyjnych, a nawet naszej wyobraźni” (K.C. Cole).

[249] „Taka jest właśnie w naszych wyobrażeniach wiedza: [...] płynnie zaczerpywana [...], poddana historii [...], płynnie wymykająca się nam” (Elizabeth Bishop).

[250] „Przyjacielu, zmieniliśmy las w pustkowie; jak spojrzymy w twarz naszym bogom?” (*Epos o Gilgameszu*, ok. 1800 rok p.n.e.).

[251] Zdaniem Erica Drexlera możliwość produkcji molekularnej (czyli w gruncie rzeczy nanotechnologia) wpłynie na fizyczne produkty tak samo, jak technologia cyfrowa wpłynęła na informację, dźwięk i obraz – uczyni je niemal darmowymi i powszechnie dostępnymi, wprowadzając erę „radykalnej obfitości”.

[252] To prawdopodobnie dopiero początek. Na początku 2017 roku Narodowa Administracja Energetyczna Chin ogłosiła plan inwestycji co najmniej 360 miliardów dolarów w odnawialne źródła energii, w tym w farmy wiatrowe oraz ogniwa fotowoltaiczne.

[253] Niekontrolowany proces fuzji nuklearnej został zaprezentowany po raz pierwszy wraz ze zdetonowaniem prototypu bomby wodorowej Ivy Mike w 1952 roku. Po dziesięciu latach armie USA i ZSRR zgromadziły dostateczną liczbę bomb, by zniszczyć nimi całą ludzkość.

[254] Od ang. *perhaps* – możliwe, być może (przyp. tłum.).

[255] Dla porównania w 2015 roku na całym świecie koszty związane z paliwami kopalnymi pochłonęły 325 miliardów dolarów.

[256] „Żyjemy w kapitalizmie. Jego moc wydaje się niepodważalna. Tak samo jak kiedyś boża łaska zapewniająca władzę monarchom" (Ursula Le Guin).

[257] *Ekstremalnie Głębokie Pole Hubble'a*, uaktualniony obraz opublikowany w 2012 roku, zawiera około 5500 galaktyk na węższym obszarze kosmosu. Te najsłabiej widoczne posiadają jasność na poziomie jednej dziesięciomiliardowej tej, którą jest w stanie zobaczyć ludzkie oko.

[258] Większość zidentyfikowanych dotychczas egzoplanet została znaleziona pośrednio, poprzez anomalie w ruchu i stopniu jasności ich centralnych gwiazd. Tylko garstkę, na przykład cztery planety orbitujące wokół wspomnianej w rozdziale 6 gwiazdy HR 8799, udało się zobaczyć bezpośrednio.

[259] Planety otaczające TRAPPIST-1 orbitują wokół swojej gwiazdy znacznie bliżej niż Merkury wokół Słońca i prawdopodobnie wykonują obrót synchroniczny – w stronę gwiazdy zawsze zwrócona jest ta sama strona planety. Z piątej, teoretycznie najbardziej zamieszkiwalnej, TRAPPIST-1 wydawałaby się dziesięć razy większa niż Słońce na naszym niebie i miałaby kolor łososioworóżowy.

[260] Z powodu opóźnień NASA przesunęła planowany start teleskopu na marzec 2021 roku (przyp. tłum.)

[261] Satelita Gaia, wystrzelony przez Europejską Agencję Kosmiczną w 2013 roku, rejestruje dokładne położenie ponad miliarda gwiazd w naszej Galaktyce oraz mierzy dzielące nas od nich odległości. Może to się wydawać wiele, lecz to zaledwie procent ich liczby.

[262] Podróże międzygwiezdne wydają się z tego wszystkiego najmniej realistyczne, ale autorzy projektów badawczych już zastanawiają się, jak dotrzeć do najbliższej gwiazdy przed rokiem 2100. Breakthrough Starshot zakłada wysłanie w ciągu kilkudziesięciu lat maleńkiego komputera z kamerą na Proximę Centauri, oddaloną o około cztery lata świetlne. Statek przymocowany do supercienkiego żagla zostałby rozpędzony na Ziemi laserami do jednej piątej prędkości światła i doleciałby po około dwudziestu jeden latach. Nie zwolniłby jednak na tyle, by zarejestrować dużą ilość

użytecznych danych. Inni proponują wykorzystanie asysty fotograwitacyjnej do wyhamowania statku.

[263] A może nie. NASA już finansuje badania z zakresu: systemów biologii syntetycznej służących detoksykacji i użyźnianiu gleby na Marsie pod kątem produkcji rolnej; architektury napędu dla pionierskich misji międzygwiezdnych oraz rozbierania asteroid stanowiących zbitki kosmicznego gruzu działającymi na dużym obszarze miękkimi robotami.

[264] Gdy piszę te słowa, Mars uważa się za pozbawiony życia, choć niektórzy naukowcy sądzą, że maleńkie ilości metanu w jego atmosferze można wytłumaczyć obecnością mikroorganizmów głęboko pod powierzchnią planety.

[265] „Nie jesteśmy jedynym, niepowtarzalnym rozwiązaniem" – twierdzi Juan Enriquez, założyciel i dyrektor Life Sciences Project przy Harwardzkiej Szkole Biznesu. „Można stworzyć alternatywne struktury chemiczne, inne od naszych, zdolne do przystosowania się do całkiem innej planety".

[266] W filmie Alexa Garlanda *Ex Machina* z 2015 roku genialny prezes wielkiej firmy Nathan Bateman niczym Prospero żyje odizolowany od normalnego rytmu ludzkiego życia, w swojej rzekomo bajkowej krainie. Nie potrafi jednak pohamować swoich apetytów. Efekt jest dla niego katastrofalny, choć niekoniecznie dla stworzonego przez niego dzieła.

[267] Termin „halucynacje" został ukuty przez Thomasa Browne'a około 1646 roku. Pochodzi od łacińskiego słowa *alucinari* – „błądzić w umyśle".

[268] „Świat wirtualnej rzeczywistości będzie światem totalnego nadzoru" (Kevin Kelly).

[269] Według pewnej relacji Gleb Bokij, jeden z pierwszych szefów radzieckiej tajnej policji, zbudował laboratorium, w którym eksperymentował z buddyjskimi technikami duchowymi w celu stworzenia perfekcyjnych komunistów.

[270] „Organizmy, które wyewoluują w cyfrowym wszechświecie, będą się bardzo różnić od nas. Dla nas będą się rozwijać coraz szybciej, ale z ich perspektywy w momencie ich powstania nasza ewolucja wyhamowywała – podobnie jak nam wydaje się, że wszechświat po Wielkim Wybuchu zaczął nagle stygnąć" (George Dyson).

[271] Kurzweil przewiduje, że maszyny inteligencją dorównujące człowiekowi zostaną stworzone do 2030 roku, a do 2045 roku zaawansowana superinteligencja połączy siły z nanotechnologią i biotechnologią, aby gruntownie przebudować świat. Jak wykazało badanie opinii około 200 naukowców, przeprowadzone przez Jamesa Barrata, 42 procent z nich uważa, że maszyna pod względem zdolności poznawczych

porównywalna z ludźmi powstanie przed rokiem 2030, według 25 procent przed rokiem 2050, a według 20 procent – przed rokiem 2100. Tylko dla 2 procent nigdy do tego nie dojdzie.

[272] „Za trzy do ośmiu lat będziemy mieli maszynę o ogólnej inteligencji przeciętnego człowieka" (Marvin Minsky, 1970).

[273] W marcu 2016 Microsoft uruchomił Taya, chatbota opartego na sztucznej inteligencji. Miał stawać się mądrzejszy w miarę interakcji z ludźmi poprzez Twittera. Po szesnastu godzinach musiano go jednak wyłączyć, bo stał się wychwalającym Hitlera, negującym Holocaust, promującym kazirodztwo i szerzącym teorie spiskowe paplą. Tay działał jak papierowy ręcznik – absorbował otrzymywane paskudne twity i zmieniał się pod ich wpływem.

[274] Według Jonesa ludzie zapalają się do idei zapisania zawartości mózgu człowieka w komputerze przez:

1) zbyt dosłowną interpretację popularnych metafor nt. mózgu;
2) zbyt optymistyczne prognozy tempa rozwoju technologicznego;
3) nierozróżnianie między systemem zaprojektowanym a powstałym ewolucyjnie;
4) myślenie życzeniowe wynikające ze strachu przed śmiercią i odejściem w niepamięć.

[275] Kierunek rozwoju tej dziedziny wskazał film udostępniony pod koniec 2016 roku przez System Dystrybucji Materiałów Wizualnych Departamentu Obrony USA: widać na nim rój mikrodronów wypuszczanych przez myśliwce F-18. „O Boże, one nawet skrzeczą – napisał komentator. – Przypominają mi się odpychające harpie Dantego [...] które złowieszczym krzykiem zwiastowały nadchodzące zło".

[276] W Chinach samouczące się algorytmy umożliwiają państwu stosowanie systemu „oceny obywatelskiej", który na podstawie aktywności internetowej danej osoby ustala stopień lojalności i posłuszeństwa, po czym określa możliwość zatrudnienia i zaciągnięcia kredytu bankowego czy prawo do podróżowania do innych krajów. W połączeniu z miękką perswazją (tzw. *nudging*) mamy zręby całkowitej kontroli nad obywatelami.

[277] W ciągu osiemnastu miesięcy po premierze iPhone'a 6 w 2014 roku tajwańska firma Foxconn zastąpiła ponad połowę swojego personelu na terenie Chin robotami.

[278] Miliony ludzi w Stanach Zjednoczonych żyjący za mniej niż dwa dolary dziennie stały się kapitalistycznym odpowiednikiem osób zapomnianych przez system w Związku Radzieckim.

[279] Według Wolfganga Streecka ta kumulacja już zaistniała. „Trwające od 1945 roku małżeństwo z przymusu pomiędzy kapitalizmem i demokracją jest na skraju rozpadu".

[280] Dla niektórych na to już za późno. Bezpośrednio przed dyskusjami o Brexicie dziennikarz Mike Carter opisywał typowe centrum miasta: „Na każdym kroku punkty zakładów sportowych, są ich dziesiątki, a obok każdego lombard albo pożyczki gotówkowe. To jak ilustracja jakiejś upiornej formy mutualizmu czy symbiozy – rynek «naturalny» u szczytu swej wydajności".

[281] „[...] rano polować, po południu łowić ryby, wieczorem paść bydło, po jedzeniu krytykować, słowem, robić to, na co akurat mam ochotę" (Karol Marks).

[282] Tego typu miejsca zaczynają już powstawać, przykładem może być projekt Survival Condo znajdujący się w dawnym silosie rakietowym na północ od Wichita w stanie Kansas, który został przerobiony na luksusowe apartamenty dla superbogatych, którzy obawiają się upadku cywilizacji.

[283] Od 1990 roku obniżono dwukrotnie średnią roczną liczbę zgonów dzieci. Bez zmian wskaźników umieralności przez te ćwierć wieku zmarłyby kolejne 122 miliony dzieci poniżej piątego roku życia. Ale nie wszędzie sytuacja się poprawiła. W 2016 roku liczba dzieci zabitych, okaleczonych lub zwerbowanych do wojska w Syrii wzrosła dramatycznie – nawet siedmiolatki zmuszane są do walki, pilnowania więźniów, przeprowadzania egzekucji oraz zamachów samobójczych. Na początku 2017 roku śmierć z głodu groziła milionom małych dzieci w Jemenie czy Sudanie.

[284] „Czas najwyższy zadać sobie pytanie, jak powinna wyglądać ewolucja człowieka w kolejnych stu czy dwustu latach" (Juan Enríquez).

[285] „Akt życzliwości jest pradawny i współczesny zarazem, i znajduje się w centrum każdej opowieści [...] Odmawiając go, odmawiamy tego, co w człowieku najcenniejsze" (John Berger).

[286] „Jakiego rodzaju myśląca maszyna znalazłaby sobie miejsce w powolnych konwersacjach odbywanych wiekami za pośrednictwem wody lub lądu? – pyta informatyczka Ursula Martin. – Jakie cechy musiałaby posiadać?"

[287] Australia została zasiedlona przez pojedynczą grupę około 50 tysięcy lat temu. Przez tysiąclecia jej członkowie rozprzestrzenili się po całym kontynencie, wykształcając odrębne języki, kultury i cechy fizyczne i przystosowując się do ekstremalnych warunków pogodowych i fluktuacji klimatu.

[288] Wspominając dzień spędzony w dzieciństwie ze swoim ojcem, psychiatra i filozof Karl Jaspers pisał: „Fala się cofnęła, ścieżka, którą szliśmy przez świeży, czysty piasek, była niesamowita, niezapomniana, biegnąca wciąż dalej i dalej...".

[289] Chodzi o literówkę, którą Elizabeth Bishop dostrzegła w „New York Timesie" w słowie *mammoth* (mamut) zapisanym jako *manmoth*, czyli „człowiek-ćma" (przyp. tłum.).

[290] Ziemia oraz inne planety Układu Słonecznego okrążają Słońce pod kątem 63 stopni względem kierunku rotacji Słońca po płaszczyźnie Galaktyki. I tak, w czasie gdy Słońce okrąża całą Galaktykę w ciągu 225 milionów lat, Ziemia porusza się po wykrzywionym, spiralnym torze.

[291] „Bowiem zjawisko snu nie powstało z jednego budulca, lecz z wielu" (Christopher Smart).

[292] W poemacie *O naturze wszechrzeczy* wydanym w 59 roku n.e. Lukrecjusz celebruje otaczającą go rzeczywistość – dokładnie taką, jaką wyobraził sobie Demokryt – składającą się z atomów, których ruch można dostrzec w tańczącej w promieniach słońca drobinie kurzu.

[293] Entropia nie daje pełnego wyjaśnienia strzałki czasu. Zjawisko kwantowe znane jako dekoherencja również działa tylko w jednym kierunku na osi czasu i zachodzi znacznie szybciej niż dyssypacja. Zderzenie unoszącej się w powietrzu drobiny kurzu albo kropli pary wodnej o średnicy jednej tysięcznej centymetra z cząsteczkami powietrza zburzy koherencję kwantową jej atomów. Trwanie tego zdarzenia będzie bilion razy krótsze niż czas przeniknięcia światła przez atom wodoru czy dyssypacji ciepła w drobinie pyłu (albo w cząsteczce kawy).

[294] „Każda gwiazda to cała nuta" (Christian Morgenstern).

[295] „Życie bywa zarówno piękne, jak i koszmarne, a my z czasem będziemy mieć coraz więcej narzędzi, by czynić je lepszym. Możliwe, że historia ludzkości to dopiero początek i że przyszłe pokolenia ludzi albo nadludzi osiągną wyżyny, których dziś nawet nie jesteśmy w stanie sobie wyobrazić" (Derek Parfit).

[296] Parafraza ostatniej strofy Sonetu 73 Williama Shakespeare'a w przekładzie Stanisława Barańczaka (przyp. tłum.).